

Über Druckkurven der Stammarterien
des Beines
proximal obliterierender Prozesse
mittels Arterienpunktion registriert

von

JOHANN ENGELBERT MEISNER

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. R. Zenker

Über Druckkurven der Stammarterien des Beines
proximal obliterierender Prozesse
mittels Arterienpunktion registriert

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig - Maximilians - Universität zu München
vorgelegt von

Johann Engelbert Meisner

aus
B a y r e u t h



1 9 5 9

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Referent: Prof. Dr. Zenker

Dekan: Prof. Dr. Kolle

Tag der mündlichen Prüfung: 4. August 1959

Meiner lieben Mutter in dankbarer Erinnerung

Inhaltsverzeichnis

=====

	Seite
Physiologie und Pathologie des Blutdruckes	1
Eigene Untersuchungen (Methode und Fehlerquellen)	12
Ablauf der Messungen und Methode der Auswertung der registrierten Kurven	16
In Verbindung mit der lumbalen Aortographie re- gistrierte Druckkurven der Aorta abdominalis	20
Verschlüsse der Aorta abdominalis	23
Einseitige Verschlüsse der A. ilica communis	28
Einseitige Verschlüsse der A. femoralis	31
Beidseitige Verschlüsse der A. femoralis	35
Einseitige Verschlüsse einer A. poplitea	41
Verschluß beider Aa. popliteae	44
Gleichzeitiger Verschluß einer A. ilica und einer A. femoralis der anderen Seite	46
Kurven bei geringen Wandveränderungen	52
Druckkurven bei Elongationen	55
Zusammenstellung aller bei lumbaler Punktion gemessenen Werte	59
In Verbindung mit der Femoralisarteriographie registrierte Kurven der A. femoralis der Beine	60
Einseitiger Verschluß einer A. femoralis (Vergleichende Messungen)	63
Verschluß beider Aa. femorales	69
Einseitiger Verschluß der A. poplitea	73
Klinische Folgerungen der Untersuchungen	75
Experimenteller Nachweis der Entstehung einer Reflexionswelle	77
Zusammenfassung	81
Literaturverzeichnis	87



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555221_0060

Über Druckkurven der Stammarterien des Beines

proximal obliterierender Prozesse

mittels Arterienpunktion registriert

Eine Aufgabe der Arterien ist die Verteilung des Blutes im Körper. Wir denken dabei an die Bewegung einer Flüssigkeit in verschieden dicken Röhren.

Die Bewegung dieser Flüssigkeit von einem Ort zum anderen ist nur möglich durch das Bestehen eines Druckgefälles zwischen beiden Punkten. Die Stelle des höheren Druckes ist das Herz, der Ort des niederen Druckes liegt in den Arterien und Kapillaren.

Das Druckgefälle liefert die Kraft zur Überwindung des Strömungswiderstandes; das ist derjenige Widerstand, den die Gefäße durch ihre Oberfläche dem Durchgang des Blutes entgegensetzen. Erweiterte Stellen der Gefäße haben einen geringeren Strömungswiderstand. Infolgedessen ist dort auch das Druckgefälle weniger steil, in engen Teilen ist der Druckabfall groß.

Das Poisseuillsche Strömungsgesetz (1) sagt uns, daß eine geringe Erweiterung der Gefäße eine enorme Herabsetzung des Strömungswiderstandes

mit sich bringen wird, also eine erhebliche Mehrdurchblutung ohne jede Drucksteigerung.

Eine Verengerung der peripheren Gefäße jedoch - sei es durch äußere Einflüsse (Temperatur, Medikamente), sei es durch pathologische Anlagerungen an der Arterienwand - bedingt: eine Steigerung des peripheren Strömungswiderstandes, geringere Durchblutung des abhängigen Gewebes und nach Bürger (2) eine Erhöhung des diastolischen und systolischen Druckes bei sinkender Blutdruckamplitude.

Nach E. Koch (3) sind solche arteriellen Druckschwankungen der "adäquate Reiz für die Selbststeuerung des Kreislaufes", die von sensiblen Nervenendigungen - teils Chemo-. teils Pressoreceptoren - im Gebiet des Aortenbogens und des Carotissinus besorgt wird.

Der Druck in den Arterien wird bei der Kontraktion des Herzens entwickelt, während der Systole. Die Systole läßt sich in eine Druckanstiegszeit (=isometrische Kontraktionsphase) - bis der Druck im linken Ventrikel höher ist, als der diastolische Druck in der Aorta - und eine zeitlich folgende Austreibungszeit aufteilen. Die folgende Diastole beginnt mit der Erschlaffungszeit und endet mit der Anfüllungszeit. Der zeitliche Ablauf der genannten Phasen ist von der Herzfrequenz abhängig. Während der Diastole ist der Druck im Herzen gleich Null.

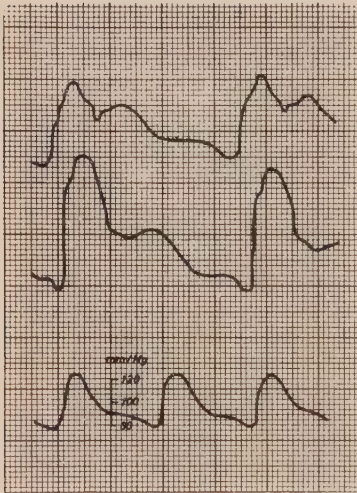
Dieser Rhythmus Systole - Diastole des Herzens bewirkt in den Arterien einen diskontinuierlichen Blutstrom.

Es ist nun die andere Aufgabe der Arterien aus dem diskontinuierlichen Strom einen fließenden kontinuierlichen zu machen. Dies wird durch die sogenannte "Windkesselfunktion" der Arterien bewirkt. Wir finden sie nur bei Arterien des elastischen Typs. Solche sind (nach Benninghoff) die Aa. aorta, carotis und ilica. Diese Arterien sind imstande momentan, durch eine Erweiterung des Lumens bei der Systole, potentielle Energie zu speichern und während der Diastole in kinetische Energie zu verwandeln. Es wird dadurch der Druckunterschied zwischen Systole und Diastole in den Arterien etwas ausgeglichen. "Etwas" heißt, es genügt die Energie des Windkessels nicht, um einen geringen Reflux des Blutes während der Diastole zu verhindern.

Hier am Übergang der Austreibungszeit zur Erschlaffungszeit liegt der Schluß der Aortenklappen. Der kurze Reflux, infolge des verminderten Druckes, bewirkt eine Incisur im abfallenden Schenkel der Kurve, welche Dikrotie genannt wird.

Die dikrote Welle tritt bei den zentralen Arterien, wegen des größeren Elastizitätsmoduls, stärker hervor, als bei den peripheren.

Am deutlichsten wird dies durch Vergleich der Druckkurven der A. subclavia dextra, der A. aorta abdominalis und der A. femoralis.



A. subclavia dextra

Ao. abdominalis

(beide nach O. Gauer (4))

A. femoralis

(nach Wolf und Bonsdorf,
Med.Klinik, Göttingen)

Obige Kurvenbeispiele lassen deutlich erkennen, daß mit der Entfernung vom Herzen eine Abnahme des Elastizitätsmoduls verbunden ist, das sich im Verschwinden des dikroten Nachschlages äußert. Das Bild der A. femoralis zeigt das ganz deutlich.

Die heute übliche Methode der unblutigen indirekten Blutdruckmessung mit Hilfe der Manschette nach Riva-Rocci und des Recklinghausen Manometers gestatten keine solche Messung wie obengenannte. Dies ist nur mit der blutigen Blutdruckmessung möglich.

Seit Hales im Jahre 1708 erstmalig eine Kanüle in die A. carotis eines Hundes einband, dauerte es lange, bis diese "gefährliche" Methode der Druckregistrierung auch beim Menschen angewandt wurde. Die Messung wurde meist mit einem Quecksilber Maximum-Minimummanometer durchgeführt.

Bei der blutigen Druckmessung durch Punktion der Arterie, wie wir es ebenfalls durchführten, mißt man den eben an der Punktionsstelle herrschenden Druck - wir messen, nach v. Recklinghausen (5), einen lokalen Blutdruck.

Bei allen Messungen sind wir uns darüber im klaren, daß der Blutdruck keine konstante Größe ist, sondern von sehr vielen Faktoren abhängt.

Sowohl Minutenvolumen als auch peripherer Widerstand und Elastizität des arteriellen Systems sind Komponenten, die nach Wetzler und Böger (6) die Höhe des Druckes beeinflussen.

Ein erhöhter diastolischer Druck kann durch ein erhöhtes Minutenvolumen, einen erhöhten peri-

pereren Widerstand oder ein verringertes Elastizitätsmodul entstanden sein. Ein erhöhter systolischer Blutdruck kann durch ein erhöhtes Minutenvolumen, durch einen erhöhten peripheren Widerstand oder eine größere Elastizität des Systems hervorgerufen werden.

Daher kann ein normal erscheinender Blutdruck einen pathologisch veränderten, aber auskompensierten Faktor verbergen.

Die Abhängigkeit dieser Einzelfaktoren von Lebensalter, Psyche, Reaktionstyp oder pathologischen Veränderungen ist klar.

Daher erscheint bei den folgenden Messungen die Druckhöhe in der Arterie nur als Vergleichswert zwischen verschiedenen Punktionsstellen, aber unter den gleichen Umwelts- und Versuchsbedingungen.

Wir legen dagegen mehr Gewicht auf die Form und den Ablauf der Kurve. Gewiß sind auch hier außerplanmäßige Faktoren zu berücksichtigen, die jedoch - im Vergleich zu Obengenanntem - einen geringeren Fehler erwarten lassen.

Der Ablauf und die Form der Kurve ist abhängig von der Art ihrer Entstehung. Das Zusammenwirken der Faktoren: Flüssigkeit, elastische Gefäße, stoßweiser Ausstoß, bewirken die Bewegung vieler

kleinster Teilchen, deren summiertes Ergebnis man physikalisch als longitudinale Welle bezeichnet.

Nach O. Frank (7) kommt es im arteriellen System durch Interferenz zwischen rechtläufig und reflektierter Welle zur Ausbildung einer stehenden Welle. "Die stehende Welle tritt als eine, bei jeder Systole neu erregte, gedämpft abklingende Eigenschwingung der Blutsäule im Arterienrohr in Erscheinung".

"Kapal, Martini, Wetterer (8)" haben festgestellt, daß die halbe Wellenlänge der stehenden Welle bis in das Gebiet des Fußes reicht und zirka zehn Zentimeter peripher vom Knöchel endet.

Der periphere Reflexionsort also, der für die Länge der stehenden Welle maßgebend ist, wird durch die Endverzweigungen der im Fuß liegenden herzfürnsten Arterien bestimmt.

A l s o ist der Reflexionsort von a n a t o - m i s c h e n Bedingungen abhängig. Jedoch ist auch durch pathologische Veränderungen im Gefäßsystem (Stenose oder Obliteration) eine Verschiebung des Reflexionsortes möglich.

Die gleichen Autoren (8) haben bei artifiziiellen Unterschenkelabsperrungen festgestellt, daß das Arteriensystem durch die Absperrung durchschnittlich um 22 % verkürzt wurde, die halbe Wellen-

länge um 25 %. Bei Oberschenkelabsperrungen betrug die Verkürzung des Arteriensystems durchschnittlich 39 %, die der halben Wellenlänge 36 %. Eine einseitige Kompression des Beines bewirkte keine Änderung der Wellenlänge. Eine doppelseitige Kompression der Unterschenkel verschiebt den im Bereich der Bauchaorta gelegenen Druckknoten der stehenden Welle herwärts.

Demnach bewirkt eine Verschiebung des Reflexionsortes, der anatomisch festgelegt ist, eine Veränderung der Kurve in Form und Ablauf.

Nach Robert Alexander (9) lassen sich Änderungen der Dynamik des arteriellen Systems unmittelbar an charakteristischen Änderungen der Druckkurven erkennen. Diese beruhen meist auf Änderungen der Entstehungs- und Reflexionsbedingungen der stehenden Welle im Windkesselgebiet. Eine Änderung der normalen Form der Aortendruckkurve kann bei stärkeren Kreislaufveränderungen durch verschiedene Faktoren ausgelöst werden.

Zum Beispiel soll der bei niedrigen Pulswerten oft beobachtete Wasserhammerpuls immer dann entstehen, wenn die lineare Austreibungsgeschwindigkeit des Blutes in die Aorta größer ist, als die Aortenpulswellengeschwindigkeit bei diesem Druck.

Die Beeinflussung der Form der Aortendruckkurve ist demnach eine sehr mannigfache.

Erdmann (10) hat die nervöse Beziehung zwischen Aorta abdominalis und Herz bei 8 Hunden und 9 Katzen untersucht und festgestellt, daß die Herzdynamik auf die Blutdruckverhältnisse in der Aorta reagiert. Vermutlich durch eine Reflexbahn über das Rückenmark.

Eine unblutige Registrierung der Druckkurve der Aorta abdominalis ist beim lebenden Objekt nur bedingt möglich.

Laszt und Müller (11) haben Tierversuche angestellt über den Druckverlauf im Bereich der Aorta. Es wurde festgestellt, daß der systolische Maximaldruck zur Peripherie hin größer wird. Im Bereich der Aorta steigt der Maximaldruck um durchschnittlich 10 % oder mehr, in den Beinarterien in noch höherem Maße (bis 35 %). Der diastolische Minimaldruck bleibt etwa gleich. Die Blutdruckamplitude vergrößert sich also beim Hund nach der Peripherie hin prozentual erheblich.

Unter den registrierten Kurven findet man auch eine Kurve über den Druckverlauf in der Aorta abdominalis: Bei ihrer Wanderung durch Aorta und A. ilica ändert sich die Druckwelle derart, daß die Vorwellen und Nachwellen immer weniger abgrenzbar werden. Die systolische Hauptwelle läßt sich in gesamter Länge der Aorta mit etwa gleicher Dauer abgrenzen. Das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert bleibt also mit seinen wesent-

lichen charakteristischen Formen - ascendierenden und descendierender Teil mit Dikrotie - uneinflußt. Wobei die entscheidende Bedeutung des benützten Registriergerätes nicht zu vergessen ist.

Der periphere Druckverlauf in den Beinen zeigt normalerweise abgerundetere Formen als der Zentrale (wie schon oben erläutert), da Einzelheiten höherer Frequenz durch ihre stärkere Dämpfung verloren gehen.

Eine Kurve der Aorta abdominalis des Menschen fanden wir bei O. Gauer (4). Eine dieser Kurven haben wir oben bereits zitiert und wiedergegeben. Sie wurde bei einer gesunden männlichen 24-jährigen Versuchsperson mit Hilfe des Frank'schen Lufttransmissionssphygmographen (1936) zum Zwecke der Bestimmung der Pulswellengeschwindigkeit registriert.

Die Methode der Registrierung war unblutig. Die Abweichung gegenüber unserer Registriermethode wäre zu groß, um obengenannte Kurven als Ausgangsnormalwerte zu betrachten.

Bei Jungmann und Rohr (12) finden wir teils blutig, teils unblutig gemessene Kurven der A. femoralis bei Hunden. Die blutige Messung wurde mit der Frank'schen Kapsel dargestellt, wobei die Kurve so registriert wurde, daß nur die Veränderungen des arteriellen Mitteldruckes erkennbar sind.

Der Druck in der A. femoralis des Menschen wurde schon 1909 von Vollhardt blutig bei Amputationen gemessen. Allerdings nur zum Vergleich gegenüber der unblutigen Blutdruckmessung. 1923 wurde von Peller (Wien) erstmalig der Druck in der A. femoralis des Menschen durch Punktion (nach Freilegung) registriert. Die Registrierung erfolgte mit einem Maximum- Minimummanometer nach Hürthle.

Von Holldack (13) und Rein (14) wurden in den letzten Jahren ebenfalls Kurven der A. femoralis des Menschen nebenbefundlich beschrieben. Eine der Kurven von Rein wurde oben wiedergegeben.

E i g e n e U n t e r s u c h u n g e n

Es wurden direkte Druckmessungen in der Aorta abdominalis, in der A. femoralis und A. poplitea durchgeführt.

Bei allen Messungen erfolgte die Registrierung der Kurven durch ein Manometer, wobei die Eigenschwingung des Gerätes über der Eigenschwingung der zu registrierenden Blutsäule lag. Hohe Eigenschwingung und optimale Dämpfung sind die günstigen Kriterien eines geeigneten Meßgerätes.

Das von uns verwendete Gerät ist ein Vierfachsreiber: der "Cardioscript" der Firma Fritz Schwarzer.

Der Apparat ist gekoppelt mit einem Druckreceptor der gleichen Firma, mit dessen Hilfe es möglich ist, den mechanischen Druck des Blutstromes in elektrische Impulse umzuwandeln. Letztere werden mit Hilfe eines Verstärkers und verschiedener Spezialgeräte auf ein Schreibsystem übertragen und in Direkt-schreibung registriert.

Die Eigenfrequenz des Druckreceptors liegt bei etwa 200 Hz. Die Dämpfung bei 0,28 und der Arbeitsbereich zwischen 0 und 300 mm Hg.

Vor und nach jeder Messung wird mit Hilfe eines

Recklinghausen - Quecksilbermanometers sowohl die Nulllinie fixiert, als auch die Apparatur geeicht. Die Prüfung der Abweichung der Eichung am Anfang und Ende des Versuches ergab keine registrierbaren Differenzen.

M e t h o d e

=====

Mit einer 23,7 cm langen Punktionsnadel - die lichte Weite ist 1,4 mm - wird die Aorta abdominalis in Höhe von v.L 1-4 punktiert. Der Patient befindet sich in Bauchlage. Ein Herzkatheter (9 Charrière) von 100 cm Länge wird an die Punktionsnadel angeschlossen und führt über ein Dreiwegehahnsystem direkt zum Druckreceptor. Vor der Registrierung werden sowohl Punktionsnadel, Katheter, Dreiwegehahnordnung als auch Druckreceptor mit steriler physiologischer Kochsalzlösung plus Heparin in Lösung (100 : 1) durchgespült, um eventuell verändernde Viscositätsverschiebungen und etwaige Thrombenbildung in der Nadel oder dem Katheter zu vermindern.

Die Übertragung der Blutdruckwelle erfolgt also vom Blutsystem über die mit obengenannter steriler Lösung gefüllte Punktionsnadel, den ebenso gefüllten Katheter auf die "Membran" des Druckreceptors. Die Höhenlage des Druckreceptors entsprach immer der Herzhöhe des Patienten. (Die statistische Abweichung lag unter 3 %.)

Daß die Versuchsanordnung nicht etwa mit einer Luftblase gefüllt war, lehrte die Erfahrung. Bei einer bestimmten Füllungstechnik gelang eine Füllung ohne Luftblase immer. Außerdem war eine Kontrolle leicht möglich, denn das Vorhandensein einer Luftblase führte zu deutlich sichtbaren Veränderungen im Ablauf der Kurve, in Form von ungedämpften Schwingungen. Mit einiger Erfahrung sind diese ohne weiteres von normalen Kurvenbildern zu unterscheiden. Der hier zu erwartende Fehler lag ebenfalls unter 2 %.

Die ungefähre Eigenfrequenz unserer Versuchsanordnung von der Spitze der Nadel bis zum Druckreceptor liegt bei etwa 20 Hz, jedoch nicht darunter. Ohne Katheter liegt sie über 50 Hz, jedoch lassen sich rein technisch die Versuche nicht ohne Katheter durchführen.

Da die Fixierung des Katheters nach Bücherl (15) wegen der Gefahr der Bildung von Druckartefacten von Wichtigkeit ist, wurden dahingehende Versuche unternommen. Eine frei schwingende Punktionsnadel und eine fixierte (manuell) ergaben in der registrierten Kurve keinen sichtbaren Unterschied. Jedoch zeigten sich Bewegungen des Katheters deutlich in der Kurve ab, wie es ebenfalls von Bücherl beschrieben wurde. Die Schwingungen des Katheters in seiner Längsrichtung wurden dadurch ausgeschaltet, daß der Katheter immer ziemlich gespannt war.

So waren nur noch geringe Bewegungen quer zur Längsrichtung möglich, die aber nach Bücherl (15) nur unbedeutende Veränderungen bringen. Der hier zu erwartende Fehler lag nicht über 2,5 %.

A b l a u f d e r M e s s u n g e n

Die Umweltsbedingungen während der Registrierungen waren so gewählt, daß eine ungünstige, vor allem psychische Beeinflussung des Patienten auf ein Minimum beschränkt war.

Wir wissen, daß nach Bürger (2) nahezu jeder plötzliche Reiz, Schreck, Kälte, plötzliche Anspannung der Aufmerksamkeit, jeder Atemzug eine Vasokonstriktion mit Durchblutungshemmung, besonders der Haut, und Blutdruckanstieg bewirken. Während wieder solche zentralerregte Schwankungen der Weite der peripheren arteriellen Gefäße die Traube- Heringschen Schwankungen des Blutdruckes bewirken. (vergl. Wagner (16)).

Unsere Registrierungen fanden immer im gleichen Raum, bei der gleichen Temperatur und den gleichen Umweltsbedingungen statt. Die Patienten wurden am Abend vorher mit 1 Amp. Atosil und am Morgen mit 1 Am. Mo-Scopolamin praemediziert. Kurz vor Beginn unserer Untersuchungen bekamen sie 1 Amp. Dolantin i. v. verabreicht. - Die Einführung der Punktionsnadel erfolgte unter Lokalanästhesie.

Hier wurde nun Druck gemessen.

Anschließend wurden dem Patienten unter flacher Evipannarkose durch die Nadel ca. 40 - 60 ccm

Röntgenkontrastmittel (Joduron 70 %) injiziert, wobei in fortlaufender Serie von der Aorta abwärts Gefäßdarstellungen gemacht wurden. Hierdurch konnten Größe und Schwere eines Verschlusses erkannt und mit den Druckkurven ins Verhältnis gebracht werden.

Bei der Gewinnung der Kurven der A. femoralis wurde an charakteristischer Stelle in der Leiste punktiert und unter den gleichen Bedingungen registriert. Die dabei verwendeten Nadeln waren 9,0 cm lang und hatten eine lichte Weite von 0,9 mm.

Die Kombination mit der Aorto- bzw. Arteriographie gestattete es, eine Aufteilung der Kurven in der Reihe der vorliegenden Verschlüsse vorzunehmen. - Es wird dabei von einem Verschuß der Aorta abdominalis, der A. ilica einseitig oder beidseitig, ebenso von Verschlüssen der Aa. femoralis, poplitea, oder tibialis, sowie von kombinierten Verschlüssen gesprochen.

Es wäre unrichtig zu behaupten, jede Art des Verschlusses hätte eine bestimmte Form der Kurve zur Folge, die sich laufend wiederholt.

In der Einleitung wurde bereits festgestellt, daß die Beschaffenheit des elastischen Systems der Arterien ein entscheidender Faktor ist; darüber kann bei diesen Messungen nichts Entscheidendes ausgesagt werden. Trotzdem lassen sich

bei jeder Versuchsart eine bestimmte Reihe gemeinsamer Faktoren in Form und Ablauf der Kurven nachweisen, die nachfolgend beschrieben werden sollen. Um einen Vergleich und Überblick über die einzelnen Kurven zu erhalten, wurde folgende Art der Auswertung gewählt

Ausgewertet wurde dabei die Wiedergabe des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert bei einem bestimmten arteriellen Verschuß.

Da die Registrierungen der Kurven auf Millimeterpapier erfolgte, lag eine gegebene Zeitkonstante vor, die sich aus der Papiergeschwindigkeit errechnet.

Damit wurde die Dauer der Druckanstiegszeit berechnet, d.i. die Zeit, in der der Druck in den Arterien ansteigt, also während der Systole. Sie dauert vom untersten Wendepunkt der Kurve bis zu ihrem Maximum.

Der abfallende Teil der Kurve wird normalerweise unterbrochen vom dikroten Nachschlag, d.h. der Druckverminderung während des Aortenklappenschlusses. Die Zeit, die vergeht vom Maximum der Kurve bis zur Dikrotie wurde Austreibungszeit genannt.

Die Gesamtdauer der Kurve (also der zeitliche Ablauf der Austreibungszeit) gibt uns einen Anhalt über den Gesamtablauf der Druckverhältnisse im arteriellen System - über das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert.

Setzt man die Gesamtablaufzeit gleich 100 %, so läßt sich prozentual feststellen, welchen Anteil Druckanstieg und Druckabfall über dem diastolischen Wert im jeweiligen arteriellen System einnehmen.

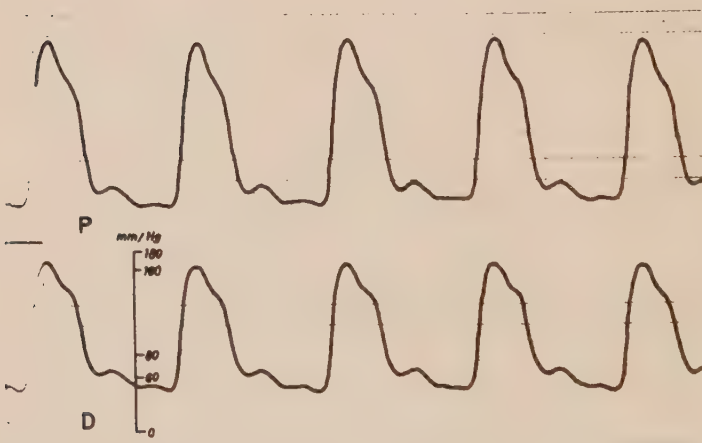
Pathologische Veränderungen im arteriellen Gefäßsystem wirken sich, wie oben festgestellt, auf den Ablauf und die Form des Pulsdruckintegrals aus.

Aus den errechneten Zahlen und dem Verhältnis der einzelnen Laufzeiten müßten sich rechnerisch Verschlüsse oder pathologische Veränderungen feststellen lassen. Die Höhe des gemessenen Blutdruckes (in mm Hg) ist hierfür ohne Bedeutung. Es ist nur ein momentaner Wert und gestattet keine Vergleiche zwischen den einzelnen Fällen.

Die bei den Originalkurven über oder unter der geeichten Kurve registrierten Kurven entsprechen der geeichten Kurve, nur ist hier durch jeweilige größere Verstärkung eine absichtliche Vergrößerung der Amplitude erreicht worden, um eventuelle Veränderungen im Ablauf der Kurve besser sichtbar zu machen. Zur Auswertung wurde nur die geeichte Kurve gebraucht.

In Verbindung mit der lumbalen Aortographie
registrierte Druckkurven der Aorta abdominalis

Wie sieht nun bei unseren Registrierungen die normale Kurve einer aorta abdominalis des Menschen aus. "Normal" heißt: im aortographischen Bild des Patienten läßt sich kein pathologischer Befund feststellen.

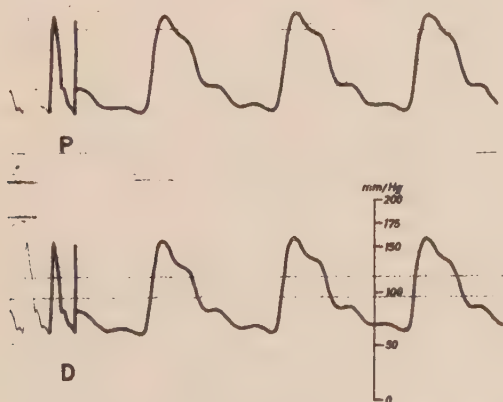


1. Beispiel: Kurve der Aorta abdominalis eines
Patienten ohne Befund.

Es handelt sich hier um einen 52-jährigen Patienten (F.M. 7.XI.57 Kt.Nr 287), dessen Beinpulse bis auf den der A. dorsalis pedis dextra und der A. poplitea sinistra deutlich zu tasten sind. Die Gefäßdarstellung im Aortogramm jedoch zeigt keinen pathologischen Befund.

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,10 Sek., das sind 17,8 % der Gesamtablaufzeit. Die Austreibungszeit ist 0,20 Sek., das sind 35,6 % der Gesamtablaufzeit, welche 0,56 Sek. beträgt und bei unserer Auswertung als Bezugspunkt 100 % entspricht.

Der RR beträgt an der Stelle der Messung, entsprechend der Eichung, 160/55 mm Hg und ist nur als lokaler Druck zu betrachten.



2. Beispiel einer Kurve eines Patienten ohne
Befund (s. S. 22)

Hier handelt es sich um einen 60-jährigen Patienten (K.O. 29.V.57 Kt.Nr 194), dessen Beinpulse bis auf die der A. dorsalis pedis und tibialis posterior beiderseits gut zu tasten sind. Das Röntgenbild zeigt jedoch keinen Verschuß.

Die Druckanstiegszeit beträgt hier 0,09 Sek., das sind 18,0 % der Gesamtablaufzeit, die Austreibungszeit 0,17 Sek., das sind 34,0 % von einer Gesamtdauer von 0,50 Sek., was immer 100 % entspricht.

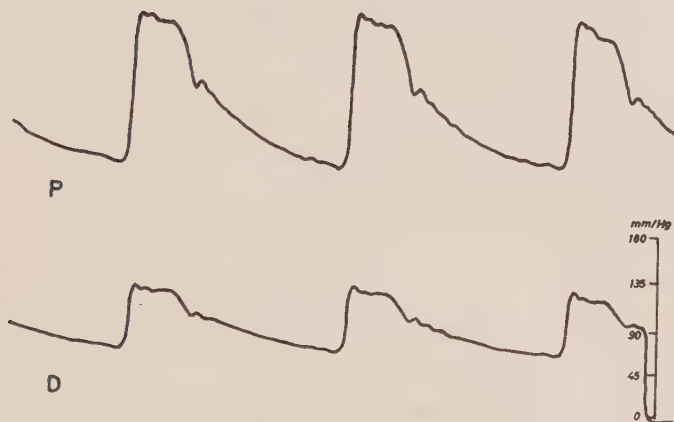
Der RR beträgt hier lokal 160/60 mm Hg. Das "Ausschwingen" der Kurve kurz vor ihrem untersten Wendepunkt läßt sich wahrscheinlich auf geringe Wandveränderungen im Bereich der Funktionsstelle zurückführen.

Die statistische Auswertung unserer 11 Aortographien und Messungen bei Normalbefund haben
- unter Anwendung des arithmetischen Mittels
- folgende Zahlen ergeben:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,14	0,06	0,13	Druckanstiegs-
Proz.	20,0	11,7	17,5	zeit
Sek.	0,24	0,16	0,21	Austreibungs-
Proz.	37,5	22,9	29,7	zeit
Sek.	0,94	0,50	0,74	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Die erhaltenen Blutdruckwerte in mm Hg sind aus individuellen Gründen, wie schon oben beschrieben, nicht als Vergleichswerte zu gebrauchen.

Verschlüsse der Aorta abdominalis



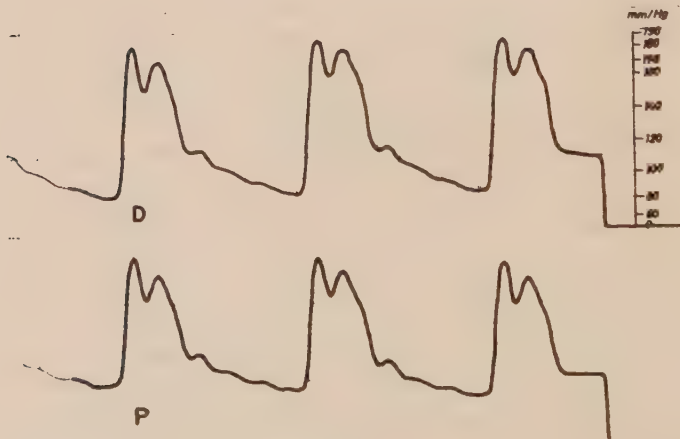
1. Druckkurve der Bauchaorta, proximal eines völligen Verschlusses registriert.

Es handelt sich hier um einen 52-jährigen Patienten, dessen Pulse von der A. femoralis nach distal beiderseits nicht mehr zu tasten sind. Die Röntgenaufnahmen ergeben einen vollständigen Verschuß der Aorta abdominalis in Höhe von v.L 1 dem Abgang der A. renales.

Die Punktion und Messung erfolgte 1,5 cm

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,06 Sek., das entspricht 0,05 % der Gesamtablaufszeit. Die Austreibungszeit ist 0,22 Sek., das sind 25,0 %. Der Gesamtablauf findet in 0,85 Sek. (= 100 %) statt. Der RR beträgt 125/75 mm Hg.

Eine genaue Betrachtung des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert zeigt, daß nach einem steilen Anstieg, der systolische Druck bei einem minimalen Abfall von 4,5 mm Hg (ca. 3,6 %) während einer Dauer von 19,2 % der Gesamtablaufzeit konstant bleibt, um dann plötzlich abzufallen und im descendenten Teil der Kurve einen deutlichen dikroten Nachschlag zu zeigen.



2. Druckkurve bei völligem Verschuß der Bauch-
aorta, ca. 1 cm proximal des Verschlusses
registriert. (W.L. 13.III.58 Kt.Nr 383)

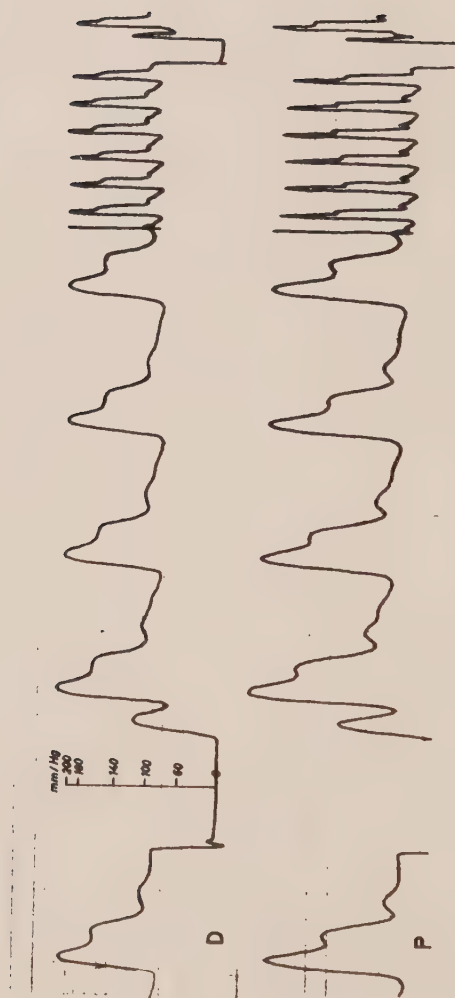
Bei einem 56-jährigen Patienten (Kurve 2) sind keinerlei Fußpulse zu tasten. Die Aortographie ergibt einen vollständigen Verschuß der Aorta abdominalis in Höhe von v. L 1 (Abgang der A. renales) wobei jedoch eine deutlich ausgebildete Anastomose zwischen A. mesenterica sup. und inf. sichtbar wird.

Die erste Punktion ca. 1 cm proximal des Verschlusses ergab obige Kurve. Die Druckanstiegszeit beträgt 0,08 Sek., entsprechend 11,4 %. Die Austreibungszeit ist 0,23 Sek., gleich 30,4 % von einer Gesamtdauer von 0,70 Sek. (= 100 %).

Der RR beträgt 185/70 mm Hg. Nach steilem hohen Anstieg zeigt sich eine deutliche Druckverminderung um 21,6 mm Hg, (das sind 11,6 %), worauf jedoch sofort wieder ein Anstieg folgt. Diese Kurve "Incisur" ist wohl durch den Anprall der Pulswelle und ihrer Reflexion an der Verschußstelle zu erklären.

Im folgenden steilen descendenten Kurventeil findet man den dikroten Nachschlag.

Eine Punktion des gleichen Patienten, bei nochmaliger Angiographie ergab folgende Kurve:



3. Kurve des gleichen Patienten wie oben, jedoch Registrierung 5 cm proximal des Verschlusses.

Bei dieser Kurve (3) wurde ca. 5 cm proximal der Verschlußstelle und vor Abgang der Aa. renales punktiert. Die Reflexionswelle erscheint hier nicht so ausgeprägt, was unserer Meinung nach auf den Abgang von Seitenästen (zwischen Punktionsort und Beginn des Verschlusses) welche Kollateralbahnen bilden und vor allem auf Interferenzerscheinungen zurückzuführen ist.

Der Druckanstieg beträgt (wie bei Nr. 2) 0,08 Sek., das sind 15,4 %. Die Austreibungszeit ist 0,18 Sek., das sind 34,6 % von einer Gesamtablaufzeit von 0,52 Sek. (= 100 %). Der RR ist 220/90 mm Hg.

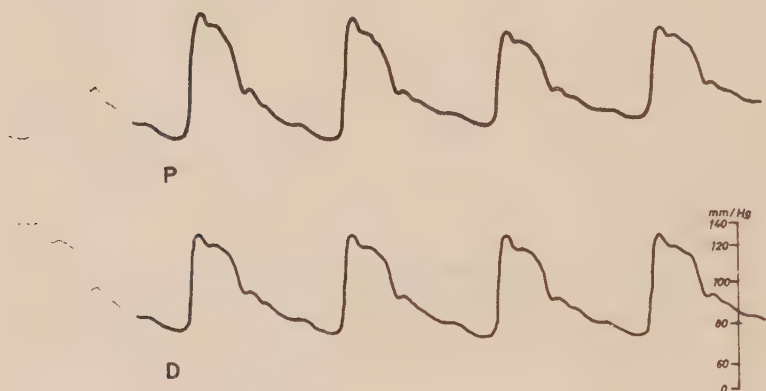
Wir haben 5 Verschlüsse der Aorta abdominalis registriert. Daraus ergeben sich nebenstehende Mittelwerte:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,09	0,06	0,08	Druckanstiegs-
Proz.	15,4	7,05	11,3	zeit
Sek.	0,22	0,17	0,19	Austreibungs-
Proz.	34,6	25,7	28,7	zeit
Sek.	0,85	0,52	0,69	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 5 Fällen

Einseitige Verschlüsse der A. ilica communis

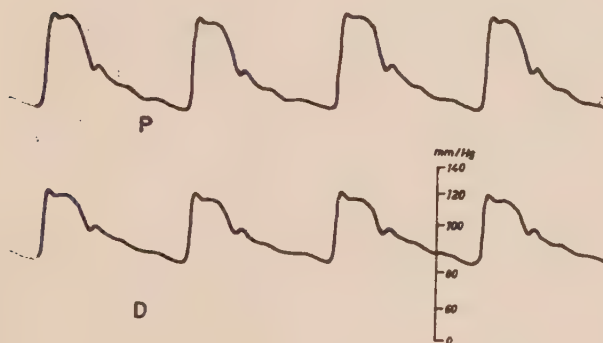
Bei einem 53-jährigen Patienten sind rechts alle Fußpulse zu tasten, während links von der A. femoralis an abwärts nichts mehr zu tasten ist. Die Aortographie ergab einen Totalverschluß der A. ilica com. sin. beginnend an der Bifurcatio in einer Länge von 6 cm. Wir erhielten folgende Kurve:



1. Druckkurve bei völligem Verschluß einer A. ilica communis.

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,09 Sek., entsprechend 15,0 %. Die Austreibungszeit 0,18 Sek., das sind 30,0 % der Gesamtablaufzeit von 0,60 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 130/75 mm Hg.

Bei unserem nächsten Beispiel handelt es sich um einen 67-jährigen Patienten, dessen Pulse links und rechts nicht zu tasten sind. Das Röntgenbild zeigt einen Totalverschluß der A. ilica communis dextra, sowie arteriosklerotische Wandveränderungen. Folgende Kurve wurde registriert: (P.H. 28.III.57 Kt.Nr. 181)



2. Die Druckkurve bei einseitigem völligem Verschluß der A. ilica communis.

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,05 Sek., das sind 8,95 %. Die Austreibungszeit ist 0,15 Sek., das sind 26,8 % von einer Gesamtablaufzeit von 0,56 Sek. (= 100 %). Der RR ist 120/80 mm Hg.

Ein Vergleich obengezeigter Kurvenbeispiele zeigt eine ziemliche Übereinstimmung im Ablauf des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert. Nach steilem Anstieg stellt sich eine kurze descendierende Zacke dar, woran sich, bis zur dikroten Erhebung, eine bogenförmige Ausweitung anschließt.

Eine eigentliche Reflexionswelle ist nicht zu erwarten, da ja der Abfluß ungehindert in die andere A. ilica erfolgen kann. Allerdings könnte durch nebenbefundliche Wandveränderungen und Wirbelbildung im Bereich der Bifurcatio obiges Kurvenbild entstanden sein.

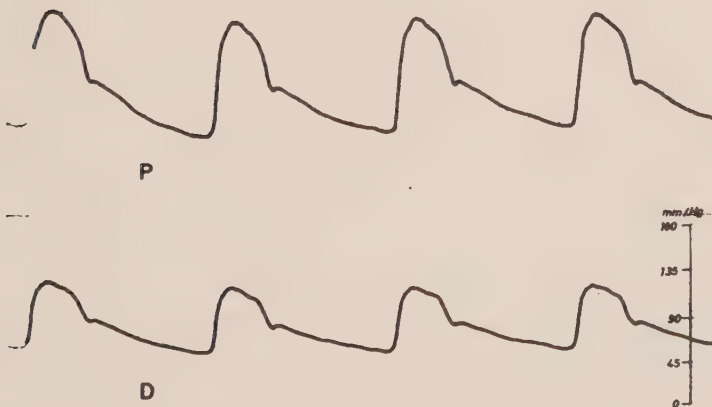
Wir haben sieben einseitige Verschlüsse der A. ilica com. registriert. Die statistische Auswertung ergab folgende Werte:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,16	0,09	0,13	Druckanstiegs-
Proz.	27,6	15,0	21,8	zeit
Sek.	0,18	0,12	0,15	Austreibungs-
Proz.	31,0	19,0	24,3	zeit
Sek.	0,73	0,56	0,62	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 7 Fällen

Einseitige Verschlüsse der A. femoralis
=====

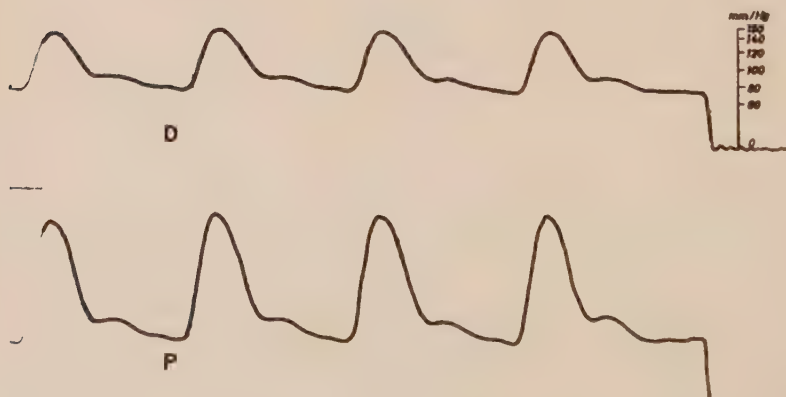
Bei unserem ersten Beispiel handelt es sich um einen 62-jährigen Patienten, dessen Fußpulse rechts deutlich zu tasten sind, während links nur der Puls der A. femoralis und der A. tibialis posterior zu palpieren sind. Die Aortographie ergab, neben starken Wandveränderungen, eine Elongation der A. ilica sinistra und einen Verschluß der A. femoralis sin. in der ganzen Länge des Oberschenkels. Die von uns registrierte Kurve hat folgendes Aussehen: (M.B. 14.XI.57 Kt.Nr. 289)



1. Druckkurve bei einseitigem Verschluß einer A. femoralis.

Bei Beispiel 1 beträgt die Druckanstiegszeit 0,10 Sek. entsprechend 14,25 %. Die Austreibungszeit 0,16 Sek = 22,9 % von einer Gesamtablaufzeit von 0,70 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 120/50 mm Hg.

Bei dem zweiten Beispiel handelt es sich um einen 55-jährigen Patienten, dessen Fußpulse links gut zu tasten sind, während rechts nur die A. femoralis zu tasten ist. Die Röntgenserie ergab einen Verschuß der A. femoralis dextra im mittleren Drittel der Arterie in einer Länge von 14 cm. Die an der lumbalen Punktionsstelle registrierte Kurve ist diese: (G.M. 20.II.58 Kt.Nr.352)



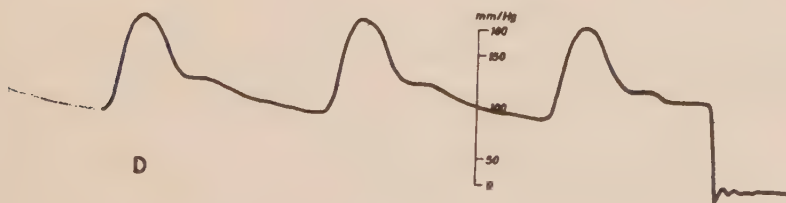
2. Druckkurve bei einseitigem Verschuß der A. femoralis im mittleren Drittel.

Die Druckanstiegszeit bei Beispiel Nr. 2 ist 0,13 Sek., entsprechend 20,4 %. Die Austreibungszeit beträgt 0,21 Sek., das sind 32,9 % der Gesamtablaufzeit von 0,64 Sek. (= 100 %). Der lokal gemessene Blutdruck ist 145/75 mm Hg. Da die Verschlußstelle nicht ausgedehnt und genügend mit Anastomosen umgeben ist, zeigt die Kurve in der Höhe unserer Punktionsstelle keine auffällige Änderung ihres Verlaufes. Die Entfernung von der Punktionsstelle trägt ebenfalls dazu bei.

Unser drittes Beispiel ist von einem 44-jährigen Patienten, dessen Pulse rechts deutlich zu tasten sind, links ist nur der Puls der A. femoralis tastbar. Die Aortographie ergab einen ca. 12,5 cm langen Verschluß im unteren Drittel der A. femoralis sin.

Die registrierte Kurve ist folgende:

(M.Sch. 18.VII.57 Kt.Nr 245)



3. Druckkurve bei einseitigem Verschluß einer A. femoralis im unteren Drittel.

Bei Beispiel Nr. 3 beträgt die Druckanstiegszeit 0,15 Sek., das entspricht 17,9 %. Die Austreibungszeit ist 0,19 Sek., das sind 22,6 % der Gesamtablaufzeit von 0,84 Sek. (=100 %). Der RR ist 185/95 mm Hg.

Ein Vergleich der drei Beispiele des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert zeigt keine sehr deutlichen Unterschiede im Ablauf der Kurve. Die Ausbildung einer Reflexionswelle ist infolge der Entfernung des Verschlusses von der Punktionsstelle nicht zu erwarten.

Die Messungen bei dreizehn verschiedenen einseitigen Verschlüssen der A. femoralis ergaben folgende statistische Werte:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,15	0,06	0,09	Druckanstiegs-
Proz.	18,9	7,5	13,2	zeit
Sek.	0,23	0,15	0,19	Austreibungs-
Proz.	36,6	15,8	27,6	zeit
Sek.	1,08	0,41	0,72	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 13 Fällen

Beidseitige Verschlüsse der A. femoralis

Als erstes Beispiel wird das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert von einem 59-jährigen Patienten gezeigt, dessen Pulse der A. femoralis beiderseits und der A. tibialis posterior sinistra gut zu tasten sind. Die Aortographie zeigt Wandveränderungen und Totalverschlüsse beider Aa. femorales im mittleren Drittel in einer Länge von je 7 cm. Nebestehende Kurve wurde registriert:
(P.S. 29.VIII.57 Kt.Nr. 259)

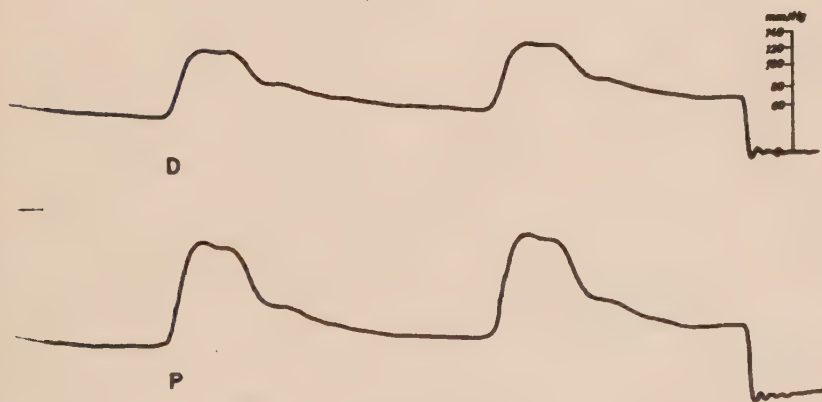


1. Druckkurve bei beidseitigem Verschluß der Aa.femorales im mittleren Drittel.

Der Druckanstieg beträgt hier 0,07 Sek., was 11,9 % entspricht. Die Austreibungszeit ist 0,21 Sek., das sind 35,6 % der Gesamtablaufzeit von 0,59 Sek. Der RR beträgt 160/75 mm Hg.

Nach einem steilen Druckanstieg erfolgt ein Druckabfall um 22,2 mm Hg, das sind 25,9 %. Darauf schließt sich eine Reflexionswelle an, bis sich im unteren Drittel die dikrote Erhebung zeigt. Zum Unterschied der Kurven bei einem Ilicaverschluß ist hier die dort beschriebene "bogenförmige Ausweitung" wesentlich deutlicher und als Reflexionswelle zu deuten. Im Vergleich zur Kurve bei einem Aortenverschluß ist zu sagen, daß dort die Reflexionswelle wegen der Nähe der Punktionsstelle sehr viel deutlicher in Erscheinung tritt.

Das zweite Beispiel zeigt das Pulsdruckintegral eines 65-jährigen Patienten, dessen Beinpulse, außer den der beiden Aa. femorales, nicht zu tasten sind. Das Röntgenbild zeigt starke Wandveränderungen schon im Bereich der Aorta abdominalis, sowie Elongation Stenose im Bereich der beiden Aa. ilicae. Außerdem zeigt sich ein völliger Verschluß beider Aa. femorales, sowie beider Aa. tibiales und der A. poplitea dextra. Die Kurve ist diese:



2. Druckkurve bei starken Wandveränderungen, Verschlüsse beider Aa. femorales und tibiales post, sowie der A. poplitea dextra.

Bei Beispiel Nr. 2 beträgt die Druckanstiegszeit 0,17 Sek., entsprechend 13,6 %. Die Austreibungszeit 0,26 Sek., das sind 20,8 % der Gesamtdauer von 1,25 Sek. (= 100 %). Der RR ist 135/60 mm Hg. Nach mäßigem Druckanstieg bleibt die Druckhöhe, bis auf eine geringe Eindellung, während 0,14 Sek., das sind 13,1 % der Gesamtablaufzeit, konstant. Die Eindellung kommt in der nicht geeichten, aber vergrößerten Kurve unten etwas deutlicher zum Vorschein, so daß man von einem Überrest einer Reflexionswelle sprechen könnte, die infolge Interferenzerscheinungen - wie sie in einem solch geschädigten arteriellen System zu erwarten sind - nicht entsprechend ausgebildet wurde.

Das dritte Beispiel ist von einem 46-jährigen Patienten, dessen Pulse, außer den der Aa. femorales, der A. tibialis post. sin. und A. poplitea sin. nicht zu tasten sind. Die Röntgendarstellung ergab geringe Wandveränderungen im Bereich der A. ilica dextra, sowie Verschlüsse beider Aa. femorales im mittleren Drittel in einer Länge von 14 cm rechts und links in einer Länge von 5 cm. (J.S. 6.VI.57 Kt.Nr.180)



3. Druckkurve bei beidseitigen Verschlüssen der Aa. femorales im mittleren Drittel.

Der Druckanstieg beträgt bei Beispiel Nr. 3 0,14 Sek., das sind 25,9 %. Die Austreibungszeit ist 0,14 Sek., das sind 25,9 % der Gesamtablaufzeit von 0,54 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 95/50 mm Hg. Nach symmetrischen Anstieg und Abfall bildet sich fast in Höhe des diastolischen Druckes die dicrote Nachwelle.

Ein Vergleich der drei Beispiele verschiedener Verschlüsse der A. femoralis zeigt uns dreierlei Kurvenergebnisse. Da gleichwertige Verschlüsse dieses Ausmaßes sehr selten sind, ist es auch nicht möglich gleiche Kurvenergebnisse zu erhalten. Meist sind ja Verschlüsse beider Aa. femorales mit multiplen Verschlüssen und Wandveränderungen kombiniert. Man sieht, je peripherer der Verschuß ist, desto uncharakteristischer wird der Ablauf der Kurve. Jedoch lassen sich aus unseren 24 Messungen dieser Art folgende statistische Werte errechnen:

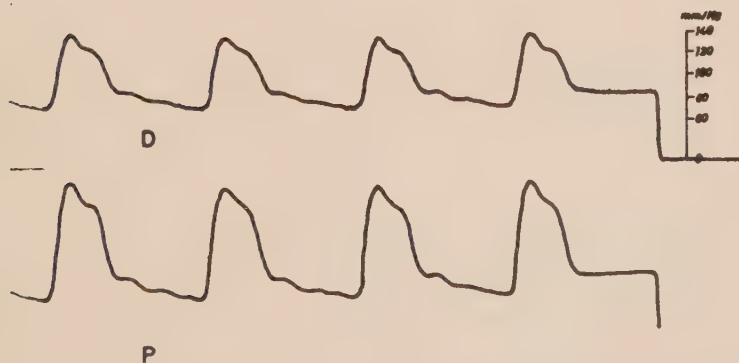
	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,16	0,06	0,10	Druckanstiegs-
Proz.	28,6	7,5	17,7	zeit
Sek.	0,27	0,12	0,16	Austreibungs-
Proz.	38,9	20,8	27,2	zeit
Sek.	0,98	0,45	0,67	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 24 Fällen

Einseitiger Verschluß einer A. poplitea
=====

Als erstes Beispiel wird das Pulsdruckintegral einer 57-jährigen Patientin gezeigt. Die Pulse der A. poplitea und der Aa. tibiales und dorsales pedis beiderseits sind nicht palpabel. Die Aortographie ergab neben einigen Wandveränderungen einen Verschluß der A. poplitea rechts in einer Länge von 8 cm. Die registrierte Kurve ist diese:

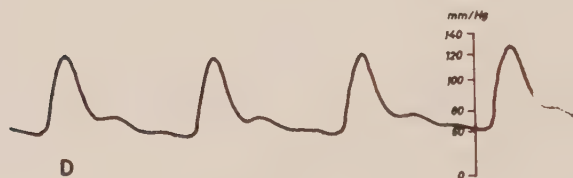
(E.B. 19.XII.57 Kt.Nr. 318)



1. Druckkurve bei einseitigem Verschluß der A. poplitea.

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,09 Sek., das sind 15,5 %. Die Austreibungszeit ist 0,18 Sek., das sind 31,1 % der Gesamtablaufzeit von 0,58 Sek. Der RR beträgt 140/75 mm Hg.

Das zweite Beispiel ist ein 53-jähriger Patient (K.P. 24.X.57 Kt.Nr 283), dessen Pulse der A. poplitea dextra und beide Fußpulse nicht zu tasten sind. Die Aortographie ergab hochgradige Wandveränderungen, sowie einen vollständigen Verschuß der A. poplitea dextra. Die registrierte Kurve ist folgende:



2. Druckkurve bei einseitigem Verschuß der A. poplitea

Der Druckanstieg ist 0,10 Sek., das sind 17,2 %. Die Austreibungszeit 0,13 Sek., das sind 22,8 % von der Gesamtablaufzeit von 0,57 Sek. Der RR beträgt 125/60 mm Hg.

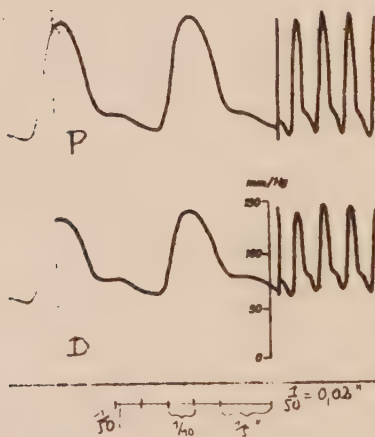
Auch hier zeigt sich, daß gleichzeitige multiple Veränderungen nur einen Vergleich in großen Zügen zulassen. Eine deutliche Reflexionswelle läßt sich hier infolge der Entfernung vom Punktionsort nicht mehr nachweisen. Von unseren sechs Fällen haben wir folgende Werte erhalten:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,18	0,07	0,10	Druckanstiegs-
Proz.	71,5	12,1	29,3	zeit
Sek.	0,22	0,13	0,16	Austreibungs-
Proz.	34,9	22,8	29,5	zeit
Sek.	0,63	0,56	0,58	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 6 Fällen

Verschluß beider Aa. popliteae

Hier liegt nur ein Fall vor. Es handelt sich um einen 55-jährigen Patienten (K.A. 16.V.57 Kt.Nr 216), dessen Fußpulse ab der A. poplitea beiderseits nicht mehr zu tasten sind. Die Aortographie zeigt einen vollständigen Verschluß beider Aa. popliteae, sowie beider Aa. tibiales. Die Kurve ist folgende:



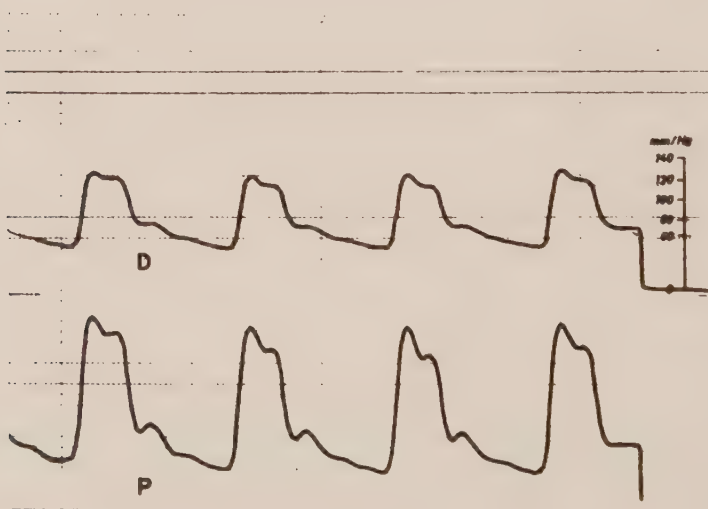
Kurve bei beidseitigem Verschluß der A. poplitea

Die Druckanstiegszeit beträgt hier 0,13 Sek., das sind 26,0 %. Die Austreibungszeit ist 0,18 Sek., das sind 36,8 % der Gesamtablaufzeit von 0,49 Sek. Der RR ist 145/70 mm Hg. Die dikrote Erhebung tritt bei dieser Kurve nur als momentane Beibehaltung eines bestimmten Druckes in Erscheinung.

Gleichzeitiger Verschluß einer A. ilica und
einer A. femoralis der anderen Seite

Das erste Beispiel zeigt das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert eines 60-jährigen Patienten, dessen rechter Oberschenkel im oberen Drittel amputiert ist, dessen Fußpulse links, bis auf den der A. tibialis post. sin., nicht zu tasten sind. Die Aortographie ergab einen Verschluß der A. ilica communis dextra, beginnend an der Bifurcatio Aortae, sowie einen Verschluß der A. femoralis sinistra in einer Länge von 35 cm. Die Kurve ist diese:

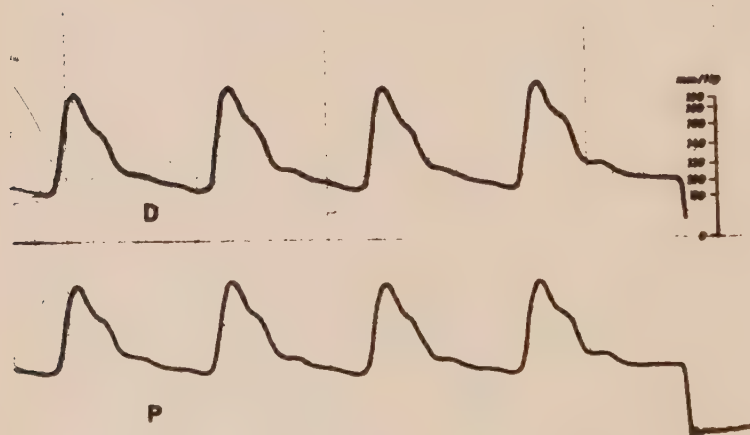
(J.B.13.III.58 Kt.Nr 10)



1. Druckkurve bei Verschluß der A. ilica dextra
und der A. femoralis sinistra.

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,08 Sek., entsprechend 13,3 %. Die Austreibungszeit 0,18 Sek., das sind 30,0 % der Gesamtablaufzeit von 0,60 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 135/55 mm Hg. Der hohe Verschuß bis in die Nähe der Punktionsstelle bewirkt eine deutliche Reflexionswelle.

Beim zweiten Beispiel handelt es sich um einen 72-jährigen Patienten, dessen Pulse der A. poplitea dextra, der A. dorsalis pedis dextra und der A. tibialis dext. nicht zu palpieren sind. Die Röntgenaufnahmen ergaben einen Verschluß der A. ilica communis dextra, gleich an der Bifurcatio, sowie einen Verschluß der A. femoralis der gleichen Seite von 15 cm Länge und einen Verschluß der linken A. femoralis von 18 cm Länge. Folgende Kurve wurde registriert: (L.St. 6.II.58 Kt.Nr 355)



2. Druckkurve bei Verschluß der A. ilica dextra,
der A. femoralis dextra und sinistra.

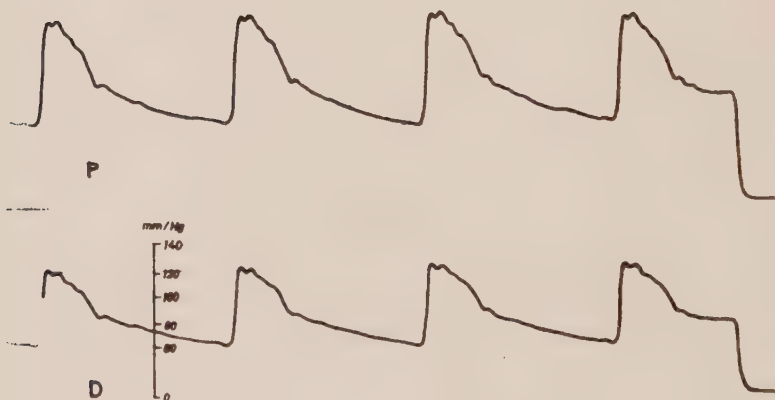
Bei Beispiel Nr. 2 beträgt die Druckanstiegszeit 0,11 Sek., entsprechend 18,3 %. Die Austreibungszeit ist 0,21 Sek., das sind 35,0 % der Gesamtablaufzeit von 0,60 Sek. Der RR beträgt 210/95 mm Hg.

Eine Reflexionswelle im abfallenden Schenkel läßt sich leicht feststellen. Daß sie nicht so deutlich ausgeprägt ist wie beim ersten Beispiel, liegt wohl daran, daß der Verschluß der einen A. femoralis nicht so ausgedehnt ist wie oben, sowie, daß eine allgemeine Sklerose des gesamten Gefäßsystems vorliegt, welche der Ausbildung einer Reflexionswelle entgegenwirkt.

Das dritte Beispiel zeigt die Kurve eines 61-jährigen Patienten, dessen Puls der A. femoralis sinistra gut zu tasten ist. Sonst sind keine Pulse festzustellen.

Die Aortographie ergab einen Verschluß der rechten A. ilica externa in einer Länge von 6 cm, sowie einen Verschluß der A. femoralis sinistra, 15 cm lang. Außerdem stellten sich noch geringe Wandveränderungen dar. Die Kurve ist nebenstehende:

(H.B. 28.XI.57 Kt.Nr 311)



3. Druckkurve bei Verschluß der A. ilica dext. ext. und der A. femoralis sinistra.

Bei Beispiel Nr. 3 beträgt die Druckanstiegszeit 0,05 Sek., entsprechend 6,75 %. Die Austreibungszeit ist 0,19 Sek., das sind 25,7 % der Gesamtablaufzeit von 0,74 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 120/60 mm Hg. Nach steilem Druckanstieg bildet sich eine kleine Zacke, die als gering ausgebildete Reflexionswelle bezeichnet werden kann. Im descendenten Schenkel ist die Dikrotie deutlich ausgebildet.

Die Auswertung unserer 13 Befunde ergab folgende Werte:

	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,22	0,05	0,11	Druckanstiegs
Proz.	32,1	6,7	19,9	zeit
Sek.	0,21	0,12	0,17	Austreibungs-
Proz.	40,5	15,9	27,8	zeit
Sek.	1,01	0,42	0,62	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 13 Fällen

Geringgradige Wandveränderungen

Ob Wandveränderungen sich auf den Ablauf des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert auswirken, wollen wir hier an Hand einiger Beispiele untersuchen.

Bei der ersten Kurve handelt es sich um die eines 61-jährigen Patienten (J.H. 6.VI.57 Kt. Nr 226), dessen Fußpulse zu tasten sind. Die Röntgenserie zeigt Verkalkungen im Bereich beider Aa. femorales in der Gesamtlänge der Oberschenkel, sowie eine geringe Stenose im distalen Drittel der linken A. femoralis. Die Kurve:

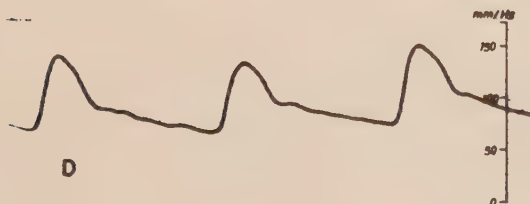


1. Druckkurve bei Verkalkungen im Bereich beider Aa. femorales

Die Druckanstiegszeit beträgt hier 0,14 Sek., entsprechend 25,0 %. Die Austreibungszeit ist 0,24 Sek., das sind 42,9 % der Gesamtablaufzeit von 0,56 Sek. Der RR beträgt 135/80 mm Hg. Eine deutliche diastole Erhebung läßt sich hier nicht feststellen, lediglich eine momentane Beibehaltung eines Druckes im untersten Fünftel des abfallenden Schenkels. Der verzögerte Druckabfall ist wohl mit der verringerten Elastizität des gesamten Gefäßsystems zu erklären.

Bei unserem zweiten Beispiel handelt es sich um einen 47-jährigen Patienten (B.W. 4.VII.57 Kt. Nr 237), dessen A. poplitea rechts, beide Aa. dorsales pedis und beide Aa. tibiales post. nicht zu tasten sind. Die Aortographie zeigt eine geringe stenosierende Wandveränderung im Bereich der A. ilica com. dextra, sowie Wandveränderungen in der ganzen Länge beider Aa. femorales.

Die Kurve:



2. Druckkurve bei Wandveränderungen der rechten A. ilica und beider Aa. femorales

Die Druckanstiegszeit bei Beispiel Nr. 2 ist 0,11 Sek., entsprechend 16,2 %. Die Austreibungszeit beträgt 0,14 Sek., das sind 20,6 % der Gesamtablaufzeit von 0,68 Sek. (= 100 %). Der RR beträgt 150/75 mm Hg. Nach dem Schluß der Aortenklappen verläuft die Kurve gleichmäßig descendierend bis zu ihrem Wendepunkt. Eine Reflexionswelle stellt sich nicht dar. Aus beiden Kurvenbeispielen folgt, daß mit zunehmender Verhärtung der Gefäßwand, also mit abnehmendem Elastizitätsmodul der Verlauf des Pulsdruckintegrals "glatter" und uncharakteristischer wird. Jedoch kann von einer "glatten" Kurve noch lange nicht auf eine Sklerose geschlossen werden.

Unsere zehn Beispiele ergaben folgende Werte:

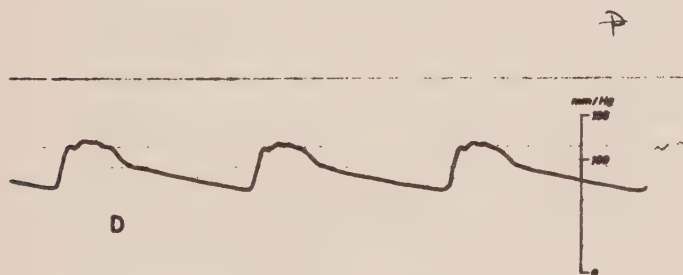
	Maximum	Minimum	Mittelwert	
Sek.	0,15	0,06	0,11	Druckanstiegs-
Proz.	27,9	8,9	19,3	zeit
Sek.	0,24	0,15	0,20	Austreibungs-
Proz.	50,0	23,4	32,8	zeit
Sek.	0,94	0,43	0,63	Gesamtablauf-
Proz.		100		zeit

Werte aus 10 Fällen

Druckkurven bei Elongationen

Unser erstes Beispiel zeigt das Pulsdruckintegral eines 57-jährigen Patienten (A.B. 3.X.57 Kt. Nr 271), dessen Pulse alle gut zu tasten sind. Die Aortographie zeigt starke Elongationen im Bereich der Punktionsstelle und beider Aa. ilicae communes.

Die Kurve ist diese:



1. Druckkurve bei starken Elongationen im Bereich der Bauchorta und beider Aa. ilicae

Die Druckanstiegszeit bei Beispiel Nr. 1 beträgt 0,12 Sek., entsprechend 16,2 %. Die Austreibungszeit ist 0,21 Sek., das sind 28,3 % der Gesamtablaufzeit von 0,74 Sek. Der RR beträgt 120/75 mm Hg. Nach steilem Anstieg zeigt sich - nach einer kleinen Incisur - ein erneuter Anstieg, dem erst der descendente Teil der Kurve folgt.

Wir sehen hier die Kurve eines 47-jährigen Patienten (J.F. 17.10.57 Kt.Nr 280), bei dem sich röntgenologisch starke Elongationen im Bereich beider Aa. ilicae communes, sowie ein kurzer Verschuß beider Aa. femorales im distalen Drittel darstellten. Distal der A. poplitea sind keine Pulse mehr zu tasten.

Die Kurve:



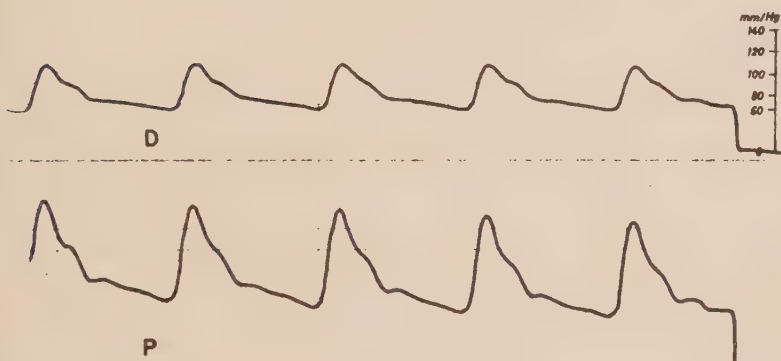
2. Druckkurve bei Elongationen im Bereich beider Aa. ilicae und doppelseitiger Verschuß der Aa. femorales im distalen Drittel

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,12 Sek (= 15,8 %), die Austreibungszeit läßt sich nicht genau feststellen. Die Gesamtablaufzeit ist 0,76 Sek. Der RR ist 130/80 mm Hg.

Dieses Beispiel kommt obigem sehr nahe. Ein Einfluß der Elongationen auf den Ablauf des Pulsdruckintegrals ist daher nicht auszuschließen.

Als 3. Beispiel sei die Kurve eines 62-jährigen Patienten (M.R. 13.III.58 Kt.Nr 372) gebracht. Im Röntgenbild zeigten sich ausgedehnte Elonga-

tionen im Bereich beider Aa. ilicae und beider Aa. femorales. Die Pulse der Aa. tibiales post. sind nicht zu tasten. Die Kurve ist folgende:



3. Druckkurve bei Elongationen im Bereich beider Aa. ilicae und Aa. femorales

Die Druckanstiegszeit beträgt 0,09 Sek. (16,0 %), Die Austreibungszeit 0,19 Sek (33,9). Die Gesamt-ablaufzeit ist 0,56 Sek. Der RR 130/60 mm Hg.

Die Kurve ähnelt in ihrem Ablauf etwa der eines Verschlusses einer A. ilica und einer A. femoralis der anderen Seite (vergl. S. 48). Eine reflektierte Welle ist ja auch deutlich sichtbar. Da der gleiche Befund bei zwei weiteren ähnlichen Fällen erhoben werden konnte, kann daraus geschlossen werden, daß Elongationen sich ebenso

im Ablauf des Pulsdruckintegrals darstellen, wie Verschlüsse in nächster Nähe der Punktionsstelle.

Obwohl keinerlei Verschluß nachweisbar ist, zeigt das Pulsdruckintegral, daß hier eine Reflexion stattfindet, wie sie sonst nur ein völliger Verschluß zeigt.

Auf eine statistische Auswertung wurde verzichtet, da sich daraus keine wesentlichen diagnostischen Hinweise ergeben würden.

Zusammenstellung aller bei lumbaler Punktion gemessenen Werte

Normalbefund (11 Fälle)

0,14"	0,06"	0,13"
20,0 %	11,7 %	17,5 %
0,24"	0,16"	0,21"
37,5 %	22,9 %	29,7 %
0,94"	0,50"	0,74"
100 %		

Maxima Minima Mittelwert

Aortenverschluß (5 Fälle)

0,09"	0,06"	0,08"
15,4 %	7,05 %	11,3 %
0,22"	0,17"	0,19"
34,6 %	25,7 %	28,7 %
0,85"	0,52"	0,68"
100 %		

Maxima Minima Mittelwert

Verschluß einer A. ilica (7 Fälle)

0,16"	0,09"	0,13"
27,6 %	15,0 %	21,6 %
0,18"	0,12"	0,15"
31,0 %	19,0 %	24,3 %
0,73"	0,56"	0,62"
100 %		

Maxima Minima Mittelwert

Verschluß einer A. femoralis (13 Fälle)

0,15"	0,06"	0,09"
18,9 %	7,5 %	13,2 %
0,23"	0,15"	0,19"
36,6 %	15,8 %	27,6 %
1,08"	0,41"	0,72"
100 %		

Maxima Minima Mittelwert

Druck-
anstiegszeit

Austreibungs-
zeit

Gesamt-
ablaufzeit

Verschluß beider A. fem. (24 Fälle)

0,16"	0,06"	0,10"
28,6 %	7,5 %	17,7 %
0,27"	0,12"	0,18"
38,9 %	20,8 %	27,2 %
0,98"	0,45"	0,67"
100 %		

Druck-
anstiegszeit

Austreibungs-
zeit

Gesamt-
ablaufzeit

Verschluß einer A. poplitea (6 Fälle)

0,18"	0,07"	0,10"
71,5 %	12,1 %	29,3 %
0,22"	0,13"	0,16"
34,9 %	22,8 %	29,5 %
0,63"	0,56"	0,58"
100 %		

Verschluß einer A. ilica u. einer A. fem. (13 Fälle)

0,22"	0,05"	0,11"
32,1 %	6,7 %	19,9 %
0,21"	0,12"	0,17"
40,5 %	15,9 %	27,8 %
1,01"	0,42"	0,62"
100 %		

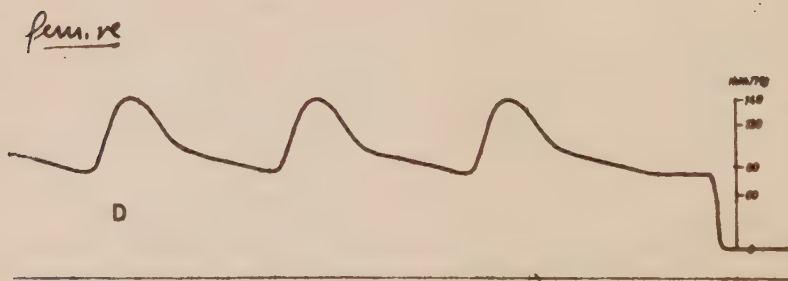
Wandveränderungen (10 Fälle)

0,15"	0,06"	0,11"
27,9 %	6,9 %	19,3 %
0,24"	0,15"	0,20"
50,0 %	23,4 %	32,8 %
0,94"	0,43"	0,63"
100 %		

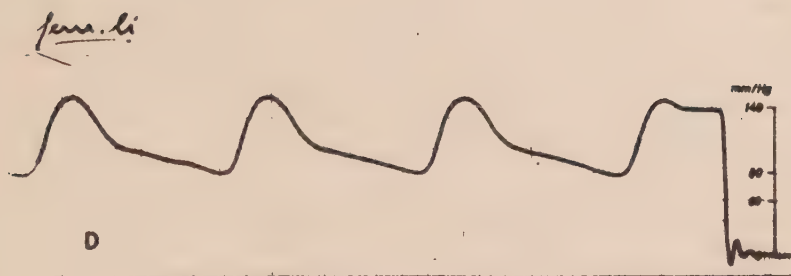
In Verbindung mit der Femoralisarteriographie
registrierte Kurven der A.femoralis der Beine

Das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert bei den Stammarterien der Beine wurde mit der gleichen Versuchsanordnung und der gleichen Apparatur aufgezeichnet, wie sie eingangs beschrieben wurde. Nur erfolgte die Punktion der A. femoralis in retrograder Stromrichtung - an charakteristischer Stelle - und die Messung unter der Wirkung der am Abend vorher gegebenen Praemedikation von 1 Amp. Mo- Scopolamin und 1 Amp. Atosil. Da gleichzeitig, wie bei der Aortenpunktion eine Gefäßdarstellung gemacht wurde (Arteriographie), ist es möglich auch hier Vergleiche mit dem Befund zu ziehen.

Die folgenden Kurven sind Beispiele aus übereinstimmenden Fällen und Messungen. Die gleichzeitige Registrierung der Kurve der Aa. femorales bei beiderseitigem Fehlen eines Befundes an den Beinarterien ergab folgende Kurven: - sie seien als Beispiel unserer 8 gleichartigen Fälle gebracht -



- 1a) Druckkurve der A. femoralis dextra bei unbe-
hindertem Abfluß und Fehlen von Wandverände-
rungen



1b) Druckkurve der A. femoralis sinistra bei unbehindertem Abfluß und Fehlen von Wandveränderungen.

Es handelt sich bei Beispiel Nr. 1 um einen 52-jährigen Patienten, bei dem die Arteriographie keinerlei pathologische Veränderungen des Gefäßsystems darstellt. Die Auswertung der Kurven ergab folgende Werte: (I.M. Kt.Nr. 359)

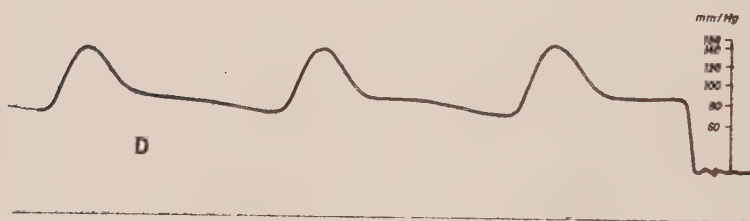
<u>A. femoralis dextra</u>		<u>A. femoralis sin.</u>	
0,18 Sek.	24,0 %	0,18 Sek.	23,7 %
0,75 Sek.	100 %	0,76 Sek.	100 %
140/80 mm Hg		145/80 mm Hg	
			Blutdruck

Ein Vergleich obiger Werte ergibt nahezu völlige Übereinstimmung. Der geringe Blutdruckanstieg bei der zweiten Punktion links ist wohl als psychische Reaktion, infolge des Einstiches, zu erklären.

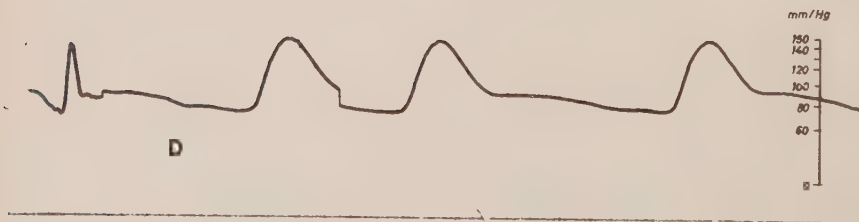
Zur besseren Veranschaulichung sei noch ein Beispiel einer beidseitigen Messung angeführt.

Das zweite Beispiel zeigt die Kurven eines 37-jährigen Mannes, dessen beide Pulse der Aa. tibiales posterior nicht zu tasten sind. Die Arteriographie ergab keinen Befund. Folgende Kurven wurden registriert:

(I.St. 13.II.58 Kt.Nr 356)



2a) Druckkurve der A. femoralis dextra ohne Befund



2b) Druckkurve der A. femoralis sinistra ohne Befund

Die errechneten Werte sind folgende:

<u>A. femoralis rechts</u>		<u>A. femoralis links</u>		
0,18 Sek.	20,0 %	0,18 Sek.	17,3 %	Druckanstiegszeit
0,22 Sek.	24,4 %	0,24 Sek.	23,1 %	Austreibungszeit
0,90 Sek.	100 %	1,04 Sek.	100 %	Gesamtablaufzeit

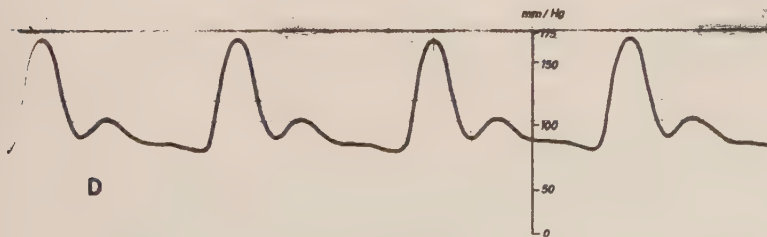
Der Blutdruck ist beiderseits gleich 145/75 mm Hg.

Eine genaue Betrachtung der Kurvenbeispiele Nr.2 zeigt keine Abweichungen voneinander.

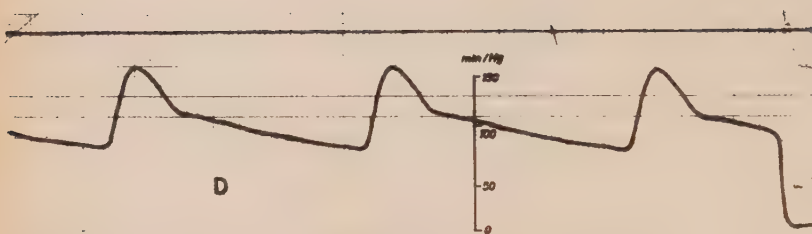
Einseitiger Verschluß einer A. femoralis
=====

Als erstes Beispiel (Beispiele aus 10 Fällen) wird das Pulsdruckintegral eines 43-jährigen Patienten gezeigt, dessen Fußpulse rechts normal sind, während wir links in der Leistenbeuge über der A. femoralis sin. ein deutliches Stenosegeräusch hören können. Die Arteriographie ergab einen Verschluß der linken A. femoralis im mittleren Drittel in einer Länge von 12 cm. Wir erhielten nebenstehende Kurven:

(H.I. 30.X.57 Kt.Nr.220)



1. Druckkurve der A. femoralis sinistra bei Verschluß im mittleren Drittel



1b) Druckkurve der A. femoralis dextra des gleichen Patienten, jedoch ohne Befund

Werte der

A. femoralis sinistra:

A. femoralis dextra:

0,14 Sek 18,4 %

0,12 Sek 12,3 % Druckanstiegszt.

0,14 Sek 18,4 %

0,24 Sek 24,4 % Austreibungszeit

0,76 Sek 100 %

0,98 Sek 100 % Gesamtablaufzeit

170/75 mm Hg

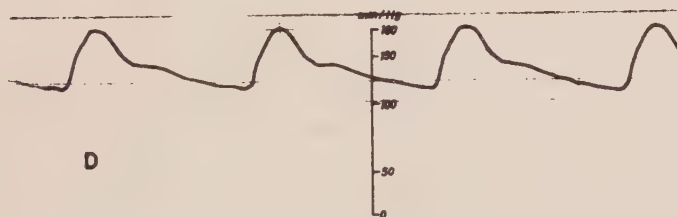
155/75 mm Hg

Blutdruck

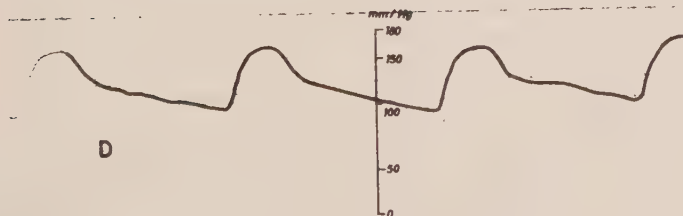
Die Kurve der A. femoralis rechts kommt unseren oben gezeigten Normalbefunden in ihrem Ablauf sehr nahe. Betrachtet man diese, so muß die "neue Erhebung", welche man im descendierenden Teil der Kurve der linken A. femoralis findet, als reflektierte Welle bezeichnet werden, deren Entstehung wohl dem Verschuß zuzuschreiben ist. Wie man aus S. 4 entnehmen kann, ist eine dikrote Erhebung hier nicht mehr zu erwarten.

Die Reflexionswelle stellt sich also bei Punktion der A. femoralis erst im "untersten" abfallenden Teil der Kurve dar, während bei der Aortenpunktion dies im "obersten" Teil (zwischen oberen Wendepunkt und Dikrotie) der Fall ist.

Das zweite Beispiel ist von einem 44-jährigen Patienten, dessen linke Fußpulse ab der A. poplitea nicht mehr zu tasten sind. Die Arteriographie zeigt einen Verschuß der linken A. femoralis im mittleren Drittel in einer Länge von 13 cm. Die vergleichende Punktion beider Aa. femorales in der Leiste ergab folgende Kurven. (M.Sch. 3.X.57 Kt. Nr 245)



2a) Druckkurve der A. femoralis sin. über dem Verschuß gemessen



2b) Druckkurve, des gleichen Patienten, proximal der A. femoralis dextra, ohne Befund an den Beinarterien.

Gemessene Werte:

A. femoralis sin.

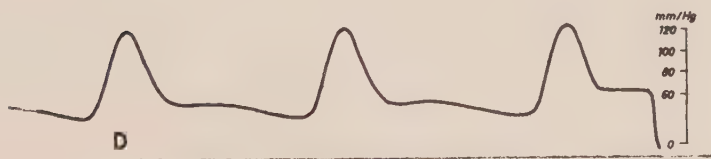
0,14 Sek. 19,7 %
0,17 Sek. 23,9 %
0,71 Sek. 100 %
180/120 mm Hg

A. femoralis dextr.

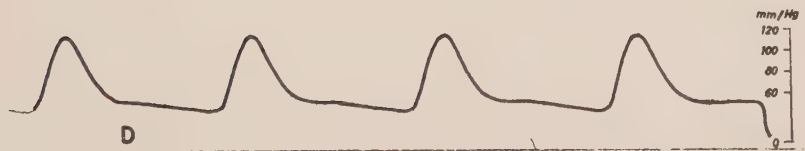
0,18 Sek. 21,9 % Druckanstiegszeit
0,24 Sek. 29,3 % Austreibungszeit
0,82 Sek. 100 % Gesamtablaufzeit
165/95 mm Hg Blutdruck

Ein Vergleich beider Kurven läßt im descenden-
ten Teil jener Kurve, die proximal des
Verschlusses der linken Seite registriert
wurde eine deutliche Abflachung erkennen,
die bei der Kurve des gesunden rechten Bei-
nes fehlt. Dieser Unterschied steht wohl mit
dem Verschluß in Zusammenhang. Auch erfolgt
der Druckanstieg bis zum obersten Wendepunkt
an der Kurve proximal des Verschlusses, also
links in viel kürzerer Zeit als rechts.

Bei unserem dritten Beispiel handelt es sich um einen 24-jährigen Patienten, dessen Pulse der A. poplitea und A. tibialis, bzw. dorsalis pedis rechts nicht zu tasten sind. Die Arteriographie ergab einen Verschluß der A. femoralis rechts und der A. poplitea im untersten Femurdrittel in einer Gesamtlänge von ca. 18 cm. Folgende Kurven wurden registriert:
(A.Sch.24.I.58 Kt.Nr 333)



3a) Druckkurve der A. femoralis dextr. proximal
eines Verschlusses im unteren Drittel



3b) Druckkurve des gleichen Patienten, der A.
femoralis sinistra ohne Befund

Ein Unterschied beider Kurven läßt sich erkennen. Infolge der größeren Entfernung der Punktionsstelle vom Verschuß läßt sich die geringe Ausbildung einer Reflexionswelle proximal des Verschlusses, also rechts, wohl erklären. Sie tritt hier nur als Abflachung in Erscheinung, (im descendenten Teil), die links nicht sichtbar wird.

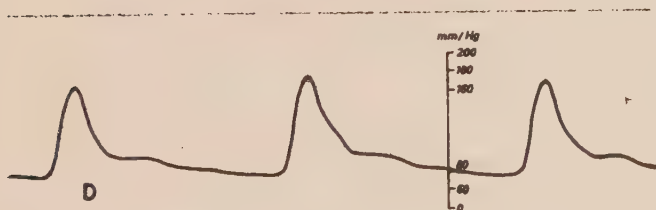
Bei Beispiel Nr. 3 gemessene Werte:

<u>A. femoralis dextr.</u>		<u>A. femoralis sin.</u>		
0,16 Sek.	19,1 %	0,15 Sek.	20,6 %	Druckanstiegszeit
0,22 Sek.	26,1 %	0,24 Sek.	32,9 %	Austreibungszeit
0,84 Sek.	100 %	0,73 Sek.	100 %	Gesamtablaufzeit
120/55 mm Hg		120/55 mm Hg		Blutdruck

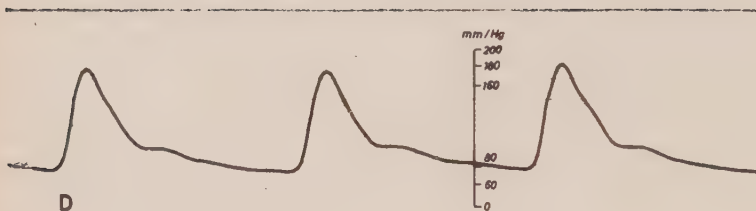
Verschuß beider Aa. femorales
=====

Als erstes Beispiel (Beispiel aus 4 Fällen) wird das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert von einem 47-jährigen Patienten gezeigt, dessen Pulse von den Aa. popliteae distal nicht mehr zu palpieren sind. Die Arteriographie zeigt Verschlüsse beider Aa. femorales im mittleren Drittel. Der Verschuß links ist ca. 9 cm, der Verschuß rechts ca. 8,5 cm lang. Die Kurven beider Aa. femorales, proximal der Verschlüsse registriert, sind folgende:

(I.F. 24.X.57 Kt. Nr 280)



1. Druckkurve der A. femoralis dextra, proximal des Verschlusses



1. Druckkurve der A. femoralis sinistra, proximal
des Verschlusses beim gleichen Patienten

Bei beiden Kurven proximal der Verschlüsse treten in ihrem descendierenden Schenkel eine momentane Abflachung ein, die wir im vorigen als schwach ausgebildete Reflexionswelle mit einem Verschluß in Zusammenhang gebracht haben. Auffällig wäre die verschiedene Gipfelbreite, was aber keinen Schluß auf die Größe eines Verschlusses gestattet.

Folgende Werte wurden erhalten:

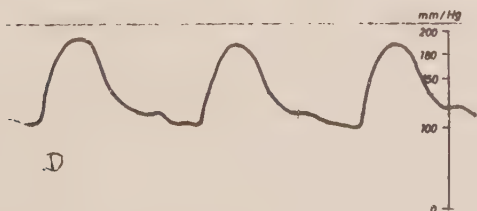
<u>A. femoralis dextr.</u>		<u>A. femoralis sin.</u>		
0,13 Sek.	14,9 %	0,12 Sek.	13,3 %	Druckanstiegszeit
0,20 Sek.	23,0 %	0,26 Sek.	28,9 %	Austreibungszeit
0,87 Sek.	100 %	0,90 Sek.	100 %	Gesamtablaufzeit
170/80 mm Hg		175/75 mm Hg		Blutdruck

Bei dem zweiten Beispiel bringen wir das Pulsdruckintegral eines 53-jährigen Patienten, dessen Pulse der Aa. femorales beiderseits nur schwach zu tasten sind. Deutlich sind nur noch beide Aa. dorsales pedes, die restlichen sind nicht tastbar. Die Arteriographie ergab Verschlüsse beider Aa. femorales: links in einer Länge von 9 cm, rechts ca. 15 cm. Folgende Kurven wurden proximal der Verschlüsse registriert:

(A.Z. 16.VII.57 Kt.Nr 240)



2. Druckkurve der A. femoralis dextra, proximal des Verschlusses



2. Druckkurve der A. femoralis sinistra des gleichen Patienten, proximal des Verschlusses

Ein Vergleich beider Kurven (Nr. 2) ergibt keinen sehr wesentlichen Unterschied in ihrem Ablauf. Links scheint im descendierenden Teil eine etwas deutlichere Stufenbildung (Reflexionswelle) als rechts.

Folgende Werte wurden erhalten:

A. femoralis dextr. A. femoralis sin.

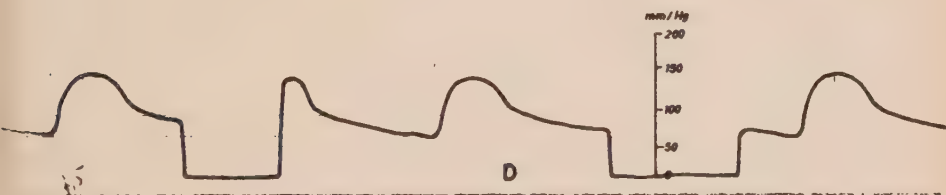
0,16 Sek.	28,6 %	0,16 Sek.	25,8 %	Druckanstiegszeit
0,22 Sek.	39,3 %	0,24 Sek.	38,8 %	Austreibungszeit
0,56 Sek.	100 %	0,62 Sek.	100 %	Gesamtablaufzeit
180/90 mm Hg		190/100 mm Hg		Blutdruck

Einseitiger Verschuß der A. poplitea

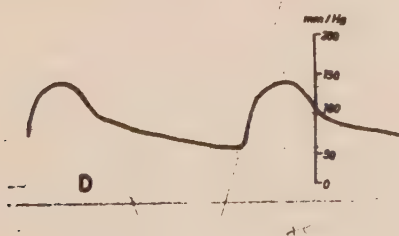
(Beispiele aus 2 Fällen)

Es handelt sich um einen 49-jährigen Patienten, dessen Fußpulse rechts, distal der Aa. popliteae nicht mehr zu tasten sind. Die Arteriographie zeigt einen Verschuß der A. poplitea dextra. Die Punktion in der Leistenbeuge ergab nebenstehende Kurven:

(A.F. 28.III.57 Kt.Nr 177)



Druckkurve der A. femoralis dextra, proximal eines Verschlusses der A. poplitea



Druckkurve der A. femoralis sinistra des gleichen Patienten, ohne Verschuß

Ein Vergleich beider Kurven läßt keinen Unterschied feststellen. Daraus folgt, daß Verschlüsse in solcher Entfernung von der Punktionsstelle keine sichtbaren Veränderungen im Ablauf des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert bewirken.

Die errechneten Werte gestatten keine Differenzierung.

A. femoralis dextra A. femoralis sin.

0,16 Sek.	19,5 %	0,18 Sek.	21,9 %	Druckanstiegszeit
nicht genau feststellbar				Austreibungszeit
0,82 Sek.	100 %	0,82 Sek.	100 %	Gesamtablaufzeit
140/60 mm Hg		145/55 mm Hg		Blutdruck

Klinische Folgerungen der Untersuchungen

Nach diesen mehr statistischen Betrachtungen wollen wir uns den daraus hervorgehenden klinischen Folgerungen zuwenden.

Eingangs wurde davon gesprochen, daß ein bestimmter Druck nötig ist, um das Blut durch die Arterien und Arteriolen zu treiben. Bei pathologischen Veränderungen der Gefäße, wie sie hier vorliegen, wird der Verschluß einer Hauptarterie durch Kollateralbahnen umgangen, was sich an Hand der Röntgenbilder leicht zeigen läßt. Und trotzdem wird das abhängige Gewebe nicht genügend ernährt. Durch den Verschluß tritt eine Blockade des Druckablaufes ein; die normale Anastomosenbildung reicht jedoch nicht aus, um den vom Herzen kommenden Druck unverändert zur Stammarterie distal des Verschlusses überzuleiten.

Der Anprall der Blutdruckwelle an der Verschlußstelle bedingt eine momentane Reflexion der Welle, da ein sofortiger dem Druck entsprechender Abfluß, nicht gestattet ist. Die reflektierte Welle läuft rückläufig als gedämpfte Welle in der Arterie und wird schon eine kurze Strecke proximal des Verschlusses durch Dämpfung und Interferenz unterdrückt werden. Wir haben bei unseren Kurven mehrmals diese Reflexionswelle nachweisen können und haben

sie zur Differenzierung eines Verschlusses herangezogen. Allerdings immer in Abhängigkeit vom Ort der Punktion. Daß diese Reflexion tatsächlich proximal des Verschlusses entsteht, haben wir in folgendem genauer darzustellen versucht:

Experimenteller Nachweis der Entstehung einer
=====

Reflexionswelle
=====

Im Jahre 1949 haben "Laszt, Müller und Pircher" (17) bei direkter Blutdruckmessung in der A. brachialis des Menschen, bei Kompression derselben im descendierenden Schenkel der Druckkurve, zwischen Maximum und Dikrotie eine "neue Erhebung" festgestellt.

Die "Erhebung" ist die durch die Reflexion des Blutstromes am Verschuß entstandene reflektierte Welle, die so an der Kurve in Erscheinung tritt.

Auch wir haben diese Welle an den Stammarterien der Beine näher untersucht.

Bei einem Hund wurde in Mo- Pernoctan Narkose die Aorta abdominalis freigelegt, sowie die Aa. femorales. Die Punktion und Messung erfolgte in der Aorta abdominalis. Sodann wurde unmittelbar proximal an der Bifurcatio durch Klemmen das Gefäß plötzlich abgeklemmt. Die Kurve zeigte sofort einen Blutdruckanstieg um 21,7 % und eine Reflexionswelle wurde sichtbar. Nebestehende Kurve zeigt dies sehr deutlich. Bei Öffnen der Klemme sehen wir sofort wieder die Normalkurve, wie wir sie vor der Abklemmung registrierten.

Beim Menschen haben wir folgende Registrierungen vorgenommen:

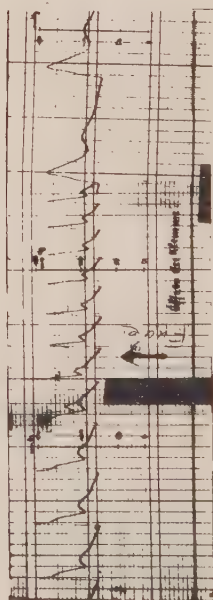
Experimenteller Nachweis der Entstehung einer Reflexionswelle durch artificielle Kompression der Bauchaorta des Hundes und gleichzeitiger Registrierung.



Bauchaorta (Hund)

Druckkurve

vor, bei und nach Abklemmung



Wir haben beim Menschen bei der Bauchaorta Aortographie und fortlaufender Messung in der Bauchaorta die beiden Aa. femorales über dem os pubis gleichzeitig manuell komprimiert und verschlossen. Sofort zeigte sich - wie nebenstehende Kurvendarstellung verdeutlicht - im descendierenden Schenkel des Pulsdruckintegrals eine neue Erhebung, die Reflexionswelle. Die Reflexionswelle blieb während der Dauer der Kompression konstant (Versuche bis zu 5 Min.), verschwand jedoch spontan bei Lösen der Kompression und die vorherige Kurve stellt sich wieder dar. Auch bei Punktion und Messung der A. femoralis an charakteristischer Stelle und Kompression derselben kurz distal der Meßstelle, entsteht ebenso im Augenblick der Kompression eine reflektierte Welle, die bei Lösen des künstlichen Verschlusses spontan verschwindet.

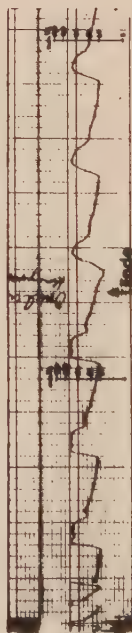
Nebenstehende Kurve, ein Beispiel mehrerer gleichartiger Versuche dieser Art, macht das sehr deutlich.

Experimenteller Nachweis der Entstehung der Reflexionswelle durch artificielle Kompression der Stammarterien des Menschen.

Bauchkurve (Mensch)



Druckkurve
bei manuellem Abdrücken
beider A femoralis
am Os pubis



272 157

Z u s a m m e n f a s s u n g

Nach kurzen allgemeinphysiologischen Betrachtungen über den Druckverlauf im arteriellen System des Menschen wurden Kurven gezeigt, die mit einem Gerät der Firma Schwarzer registriert wurden. Es wurde das Pulsdruckintegral über dem diastolischen Wert aufgezeichnet. Eine Besprechung der Methodik ist eingefügt.

Unter Zuhilfenahme der Aorto- bzw. der Arteriographie konnten die erhaltenen Kurven nach dem jeweiligen Befund geordnet werden. Die Auswertung des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert erfolgte durch Berechnung des Verhältnisses von ascendierendem Teil (Druckanstiegszeit) und descendierendem Teil (Austreibungszeit) der Kurve zu ihrer Gesamtablaufzeit. Dies konnte mit der Papiergeschwindigkeit, als gegebener Konstanten, errechnet werden. Der Ablesefehler liegt unter 2,0 %.

Mit Hilfe der lumbalen Aortenpunktion und der dabei registrierten Kurven konnten folgende Werte erhalten werden:

Bei 11 angiographisch unauffälligen Druckkurven der Bauchaorta des Menschen bewegen sich die Werte der Druckanstiegszeit um einen

Mittelwert von 17,5 %, die der Austreibungszeit um 29,7 %, wobei die Gesamtablaufzeit als Bezugspunkt immer 100 % entspricht.

Bei 5 Verschlüssen der Aorta abdominalis liegen die Werte der Druckanstiegszeit um 11,3 %, die der Austreibungszeit um 28,7 %.

Bei einseitigem Verschluß der A. ilica communis (7 Fälle) ist der Mittelwert der Druckanstiegszeit um 21,8 %, der der Austreibungszeit 24,3 %.

Bei einseitigem Verschluß einer A. femoralis (13 Fälle) liegt der Mittelwert der Druckanstiegszeit um 13,2 %, der der Austreibungszeit um 27,6 %. Bei 24 beidseitigen Femoralisverschlüssen sind es 17,7 % und 27,2 %.

Einseitige Verschlüsse der A. poplitea (6 Fälle) zeigen einen Druckanstiegswert um 29,3 %, eine Austreibungszeit von 29,5 %.

Bei Verschluß beider Aa. popliteae liegt nur ein Fall vor, so daß sich kein Mittelwert errechnen läßt.

Bei gleichzeitigem Verschluß einer A. ilica communis und einer A. femoralis der anderen Seite (13 Fälle) liegt der Mittelwert der Druckanstiegszeit um 19,9 %, der der Austreibungszeit um 27,8 %.

Bei geringgradigen Wandveränderungen (10 Fälle von Arteriosklerose und geringe Stenosierungen) liegt die Druckanstiegszeit um 19,3 %, die Austreibungszeit um 32,8 %. (Eine ausführliche Statistik findet sich auf Seite 59).

Proximal von Elongationen registrierte Kurven ergaben, daß der Ablauf des Pulsdruckintegrals dem eines hohen Verschlusses sehr nahe kommt.

Aus oben genannten Zahlen läßt sich ersehen, daß hiermit keine genaue Aussage über Lage und Ausmaß einer Stenose oder Obliteration möglich ist.

Lediglich bei hohen Verschlüssen fand sich eine Verkürzung der Druckanstiegszeit gegenüber den Normalwerten. Besonders deutlich wurde dies bei Verschlüssen der A. abdominalis (s.S. 23 -27). Bei weiter distal liegenden Verschlüssen ist dadurch keine Differenzierung mehr möglich.

Verschlüsse der Aa. aorta, ilicae und teilweise der Aa. femorales zeigten meist eine konstante Kurvenform. Je peripherer der Verschluß lag, desto uncharakteristischer wurde der Ablauf der Kurve.

Bei Obliteration einer Stammarterie und Lage des Verschlusses in der Nähe der Punktionsstelle beobachteten wir immer wieder das Auftreten einer "neuen Erhebung" zwischen Maximum und Dikrotie am descendierenden Schenkel. Wir bezeichnen diese Erhebung als Reflexionswelle.

Mit Hilfe einer percutanen Femoralispunktion wurden vergleichende Kurven der Stammarterien der Beine registriert. Gleichzeitige Femoralisarteriographie gestattete einen Vergleich der Befunde. Auf eine statistische Auswertung wurde verzichtet, da sie, im Vergleich zu oben, nichts Neues bringen würde.

Bei einseitigen Verschlüssen und vergleichender Punktion beider Femoralarterien in der Leiste stellte sich bei allen unseren Messungen eine deutliche Veränderung des Ablaufes des Pulsdruckintegrals proximal des obliterierenden Prozesses gegenüber der Kurve der anderen Seite ohne Befund dar. Der Unterschied lag im wesentlichen in der Ausbildung einer reflektierten Welle, die je nach Lage und Entfernung des Verschlusses von der Funktionsstelle, mehr oder minder deutlich gegenüber der "Normalseite" ausgebildet war.

In manchen Fällen zeigt sich auch hier eine Verkürzung der Druckanstiegszeit gegenüber der gesunden Seite (s.S. 64/65). Da dieser Befund nicht bei allen entsprechenden Registrierungen erhoben werden konnte, ist er zur Differenzierung eines Verschlusses nur bedingt zu gebrauchen.

Bei beidseitigen Verschlüssen von größerem Unterschied in ihrer Längenausdehnung ließ sich ebenfalls eine Abweichen des Ablaufes der Druckkurven von der Norm und voneinander feststellen. Jedoch ist hier die Differenzierung nicht so significant wie oben.

Schließlich erfolgte der experimentelle Nachweis der Entstehung einer Reflexionswelle. Und zwar bei artifiziemeller Kompression der Bauchaotha des Hundes und der Aa. femorales des Menschen.

Bei beiden zeigte sich sofort nach Beginn der Kompression eine deutliche Reflexionswelle im descendierenden Teil des Pulsdruckintegrals, die während der Dauer der Kompression erhalten blieb, bei Lösen des künstlichen Verschlusses jedoch augenblicklich verschwand.

Die Entstehung der Reflexionswelle läßt sich also rein mechanisch durch den Anschlag der Pulsdruckwelle und deren Zurückwerfen am Verschuß erklären. Sie läuft als gedämpfte Welle zurück.

Ihre Entstehung ist abhängig von der Größe des Verschlusses, der Beschaffenheit der Arterienwand und den vorhandenen Kollateralen.

Die Registrierung und Sichtbarmachung der Reflexionswelle im Pulsdruckintegral ist abhängig vom Ort der Punction.

Es lassen sich also aus dem Ablauf des Pulsdruckintegrals über dem diastolischen Wert, nämlich:

1. aus dem Auftreten einer Reflexionswelle
2. aus einer Verkürzung der Druckanstiegszeit
(gegenüber einem vergleichend registrierten Normalwert)

Schlüsse über eine stenosierende oder obliterierende Beeinträchtigung der Stammarterien des Beines ziehen. Eine genaue Aussage über Lage und Ausdehnung einer Stenose oder Obliteration ist jedoch nicht möglich.

Literaturverzeichnis
=====

1. R i e c k e r , über die Beziehung zwischen Druck und Stromstärke der portalen Lebergefäße. Pflüger Archiv 1956/262/37
2. B ü r g e r M., Einführung in die Pathologische Physiologie, 1956/167/174
3. K o c h E. aus Rein, Lehrbuch der Physiologie 1948/115
4. G a u e r o. Ztschr. f. Kreislaufforschung 1936/28/11
5. R e c k l i n g h a u s e n v. H., Blutdruckmessung und Kreislauf in den Arterien des Menschen. 1950
6. W e t z l e r und B ö g e r , die Dynamik des arteriellen Systems (zitiert aus Nr. 2)
7. F r a n k O. Ztschr. f. Biol. 46/1905/441/ und 90/1930/405
8. K a p a l, M a r t i n i, W e t t e r e r , Ztschr. f. Biol. 104/256/429
9. A l e x a n d e r Rob. S. Aortendruckkurve, Form, Beeinflussung Helv. Phys. Acts 1952/10, 1-19
10. E r d m a n n , H e y e , J u n g m a n n Dehnung der Bauchaorta und Kreislaufdynamik Verhndn. d. dt. Gesell. f. Kreislf. 22. Tagg. 1956/113

11. L a s z t L. und M ü l l e r A. Gleichzeitige Druckmessung der Aorta und ihrer Hauptäste. Helv. Phys. Aôta. 1952/10/259-272
12. J u n g m a n n , R o h r über die Form des Femoralispulses Pflüger Arch. 1954/258/39
13. H o l l d a c k Lehrbuch d. Perkussion und Auskultation 1955/139
14. R e i n Lehrbuch d. Physiologie 1955/102
15. B ü c h e r l E.S. Methoden, Wert und Ergebnisse der direkten und indirekten Blutdruckmessung im kleinen Kreislauf. Bad Oeynhausener Gespräche 1957
16. W a g n e r Richard, Methodik und Ergebnis fortlaufender Blutdruckschreibung am Menschen 1942/64
17. L a s z t L. M ü l l e r A. P i r c h n e r L. Vergleiche zwischen direkter und indirekter Blutdruckmessung beim Menschen. Verh. d. dt. Gesell. f. Kreislauffg. 1949/92-96

An dieser Stelle sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. E. K. Frey, sowie seinem Nachfolger Herrn Prof. Dr. R. Zenker, für die Erteilung eines votum informativum, sowie die Möglichkeit, an der Chirurg. Universitätsklinik München arbeiten zu dürfen, ergebenst zu danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Leo Schlicht für die Stellung des Themas und die vielen Ratschläge, die er zu jeder Zeit für mich bereit hatte. Sie haben mir die Bearbeitung dieses Themas ermöglicht und den Weg hierfür geebnet.

M e i n L e b e n s l a u f

Am 14. Juli 1934 wurde ich, Johann Engelbert Meisner, als Sohn des Oberingenieurs Robert Meisner und seiner Ehefrau Luise, geb. Götz in Bayreuth geboren. Vom April 1940 bis Juli 1944 besuchte ich die Volksschule in Bayreuth.

Im September 1944 trat ich in das humanistische Gymnasium Christian Ernestinum in Bayreuth ein, wo ich im Juni 1953 die Reifeprüfung mit Erfolg ablegte.

Im Wintersemester 1953/54 begann ich an der Universität Erlangen Medizin zu studieren. Im Februar 1956 legte ich dort das medizinische Vor-examen ab.

Das folgende erste klinische Semester blieb ich noch in Erlangen, das Wintersemester 1956/57 verbrachte ich an der Freien Universität Berlin. Seit dem Sommersemester 1957 studierte ich an der Münchner Universität und legte hier am 16. 6. 1959 mein Staatsexamen mit Erfolg ab.

München, August 1959



